

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа: ИШИТР

Направление подготовки: Мехатроника и робототехника

Отделение школы (НОЦ): Отделение автоматизации и робототехники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Программно-аппаратный образовательный робототехнический комплекс</b>

УДК 007.32:004.415:004.85

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Мяхор Дмитрий Александрович		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Гончаров В. И.	д.т.н		
Руководитель ООП	Малышенко А.М.	д.т.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю. В.	к.т.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С.В.	к.т.н		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
P3	Интегрировать и применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке и проектировании современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием достижений и технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Применять полученные знания для решения инженерных задач при производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем.
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать необходимые выводы.
P6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике, знать области их применения, в том числе в гибких автоматизированных производствах.

<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Эффективно работать в профессиональной сфере индивидуально и в качестве члена команды.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P9	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P10	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности.
P11	Понимать необходимость обучения в течение всей жизни, уметь самостоятельно учиться и повышать свою квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P12	Эффективно работать в профессиональной сфере индивидуально и в качестве члена команды.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: ИШИТР

Направление подготовки: Мехатроника и робототехника

Отделение школы (НОЦ): Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Малышенко А.М.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ61	Мяхор Дмитрию Александровичу

Тема работы:

Программно-аппаратный образовательный робототехнический комплекс	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	3816/с от 28.05.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

#### 1. Наименование объекта проектирования

Программно-аппаратная робототехническая колёсная платформа.

#### 2. Требования к конструкции

2.1. Широкая доступность корпусных материалов и электронных комплектующих.

2.2. Возможность легкого тиражирования в школах, кружках робототехники и других образовательных подразделениях при невысокой стоимости за счёт использования типовых решений.

2.3. Минимизация массогабаритных параметров за счёт использования меньшего количества метизов, отработанных стандартных конструктивов.

2.4. Повышенная надёжность основных узлов в условиях длительной эксплуатации.

	2.5. Модульность и унификация основных сборочных единиц.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обзор существующих решений;</li> <li>• Определение концепции разработки;</li> <li>• Разработка аппаратного обеспечения и ПО;</li> <li>• Анализ результатов исследования;</li> <li>• Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li> <li>• Социальная ответственность;</li> <li>• Перевод части работы на английский язык</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О.Н.
Социальная ответственность	Бородин Ю. В.
Английский язык	Горбатова Т.Н.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Введение	
Анализ конкурентных программно-аппаратных решений	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гончаров В. И	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Мяхор Дмитрий Александрович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 89 с., 32 рис., 16 табл., 29 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: робот, робототехника, образование, веб-разработка, микроконтроллер, микрокомпьютер, колёсная платформа.

Объектом исследования является: совокупность разработанной робототехнической колёсной платформы и управляющего веб-сервиса.

Цель работы: подтверждение возможности интеграции концепции интернета вещей в робототехнику на примере разработанного программно-аппаратного робототехнического комплекса.

В процессе исследования проводился аналитический обзор существующих программно-аппаратных образовательных робототехнических комплексов, рассмотрена возможность интеграции концепции интернета вещей в робототехнику.

В результате исследования подтверждена возможность интеграции концепции интернета вещей в робототехнику, разработан прототип программно-аппаратного образовательного робототехнического комплекса.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: по строению созданный для демонстрации программной составляющей проекта робот относится к классу «колёсных», разработанное ПО является универсальным и применимо к роботам со схожей структурой.

Степень внедрения: данной работой заинтересовались в Сибирском государственном университете геосистем и технологий.

Область применения: образовательные учреждения среднего и высшего уровня подготовки.

Экономическая эффективность/значимость работы: работа является конкурентоспособной и экономически выгодной, что подтверждено расчетами в экономической части.

В будущем планируется апробация разработки в учебных заведениях.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ПО – программное обеспечение.

Микрокомпьютер — термин, обозначающий компьютер, выполненный на основе микропроцессора.

Микроконтроллер (англ. *Micro Controller Unit, MCU*) — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами.

USB (Универсальная последовательная шина, англ. *Universal Serial Bus*) — последовательный интерфейс для подключения периферийных устройств к вычислительной технике.

UART (Универсальный асинхронный приёмопередатчик, англ. *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) — узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами.

I<sup>2</sup>C (И<sup>2</sup>C, англ. *Inter-Integrated Circuit*) — последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов.

SPI (Последовательный периферийный интерфейс, англ. *Serial Peripheral Interface*) — последовательный синхронный стандарт передачи данных в режиме полного дуплекса, предназначенный для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения микроконтроллеров и периферии.

Пин — контакт в электронике для соединения двух элементов схемы.

GPIO (Интерфейс ввода/вывода общего назначения, англ. *general-purpose input/output*) — интерфейс для связи между компонентами компьютерной системы, к примеру микропроцессором и различными периферийными устройствами.

Secure Digital Memory Card (SD) — формат карт памяти (флеш-память), разработанный SD Association (SDA) для использования в портативных устройствах.

Wi-Fi — это технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11.

Ethernet — семейство технологий пакетной передачи данных между устройствами для компьютерных и промышленных сетей.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ, англ. pulse-width modulation (PWM)) — процесс управления мощностью, подводимой к нагрузке, путём изменения скважности импульсов, при постоянной частоте.

Bluetooth (от слов англ. *blue* — синий и *tooth* — зуб) — производственная спецификация беспроводных персональных сетей (Wireless personal area network, WPAN).

Android (Андроид) — операционная система для смартфонов, планшетов, электронных книг, цифровых проигрывателей, наручных часов, фитнес-браслетов игровых приставок, ноутбуков, нетбуков, смартбуков, очков Google Glass, телевизоров и других устройств.

iOS— мобильная операционная система для смартфонов, электронных планшетов, носимых проигрывателей и некоторых других устройств, разрабатываемая и выпускаемая американской компанией Apple.

STEM (наука, технологии, инженерия, математика, англ. *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) - подход к образовательному процессу, согласно которому основой приобретения знаний является простая и доступная визуализация научных явлений, позволяет легко охватить и получить знания на основе практики и глубокого понимания процессов.

Arduino (Ардуино) — торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей.

Arduino IDE - бесплатная программная оболочка (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры.

ArduBlock - графический язык программирования для платформы Arduino.

Флеш-память (англ. *flash memory*) — разновидность полупроводниковой технологии электрически перепрограммируемой памяти (EEPROM).



BMP (от англ. *Bitmap Picture*) — формат хранения растровых изображений, разработанный компанией Microsoft.

SVG (от англ. *Scalable Vector Graphics* — масштабируемая векторная графика) — язык разметки масштабируемой векторной графики, созданный Консорциумом Всемирной паутины (W3C) и входящий в подмножество расширяемого языка разметки XML, предназначен для описания двумерной векторной и смешанной векторно-растровой графики в формате XML.

Кроссплатформенность — способность программного обеспечения работать более чем на одной аппаратной платформе и (или) операционной системе.

## Оглавление

Введение.....	12
1 Анализ конкурентных программно-аппаратных решений .....	13
1.1 LEGO MINDSTORMS Education EV3.....	13
1.1.1 Аппаратное обеспечение LEGO MINDSTORMS Education EV3 .....	13
1.1.2 Программное обеспечение LEGO MINDSTORMS Education EV3.....	15
1.2 Mi Bunny Block Robot.....	16
1.2.1 Аппаратное обеспечение Mi Bunny Block Robot.....	16
1.2.2 Программное обеспечение Mi Bunny Block Robot.....	17
1.3 Makeblock.....	18
1.3.1 Аппаратное обеспечение набора MakeBlock .....	18
1.3.2 Программное обеспечение набора MakeBlock .....	19
1.4 Анализ наиболее известных решений.....	20
2 Проектирование робототехнической платформы.....	22
2.1 Концепция проекта .....	22
2.1.1 Положение 1 .....	22
2.1.2 Положение 2 .....	23
2.1.3 Положение 3 .....	23
2.2 Разработка аппаратной составляющей .....	25
2.2.1 Корпус робота .....	25
2.2.2 Управляющая электроника и система питания робота.....	34
3 Разработка программного обеспечения .....	41
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 50	
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	50
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	50
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	50
4.1.3 SWOT-анализ .....	53
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	54

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	54
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	55
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	55
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	59
5 Социальная ответственность .....	65
5.1 Производственная безопасность .....	65
5.1.1 Отклонение параметров микроклимата в помещении.....	66
5.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте .....	67
5.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	68
5.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	68
5.1.5 Электробезопасность.....	69
5.2 Экологическая безопасность.....	70
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	71
5.3.1 Пожарная безопасность.....	71
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	72
Заключение .....	74
Список использованных источников .....	75
Приложение А .....	79

## **Введение**

Современный мир развивается стремительными темпами: создаются новые технологии, процессы, которые раньше требовали колоссального количества времени и человеческих ресурсов, теперь реализуются значительно проще и быстрее. Объёмы промышленных производств растут, качество производимой продукции улучшается. Такой стремительный скачок технического и технологического развития человечества был бы не возможен без повсеместного внедрения новых информационных систем и робототехники.

Однако, чтобы технологии развивались дальше такими же темпами, необходим регулярный приток новых квалифицированных специалистов. Таким образом, возникает необходимость в качественном обучении будущих кадров и, как следствие, в одновременно эффективных, гибких и функциональных инструментах для реализации образовательных программ.

## **1 Анализ конкурентных программно-аппаратных решений**

В настоящее время существует достаточно большое количество разнообразных программно-аппаратных робототехнических платформ, на базе которых возможно реализовать образовательные программы. Рассмотрим наиболее популярные из них.

### **1.1 LEGO MINDSTORMS Education EV3**

LEGO MINDSTORMS Education EV3 - это третье поколение робототехнических конструкторов серии LEGO Mindstorms. Данный набор разрабатывался в массачусетском технологическом институте (MIT-Massachusetts Institute of Technology) совместно с компанией LEGO. Лего предоставляет возможность конструировать роботов с множеством датчиков и моторов, позволяющих измерять расстояния, освещённость, температуру, а также перемещать рабочую платформу, проводить научные эксперименты.

#### **1.1.1 Аппаратное обеспечение LEGO MINDSTORMS Education EV3**

Первый LEGO Mindstorms RCX, был выпущен в 1998, основой для него послужил микроконтроллер H8. Следующим поколением стал LEGO MINDSTORMS Education NXT, выпущенный в 2006, он заметно расширил функционал первого набора, в частности, за счёт использования более совершенного микроконтроллера ARMv7 32bit ROBOLAB, который был разработан компанией National Instruments для системы LabView.

LEGO MINDSTORMS Education EV3 (рисунок 1) был улучшен новым процессором, что привело к увеличению количества поддерживаемых портов, новым программным обеспечением, USB-портом, слотом для SD карт и функцией auto-ID.



Рисунок 1 - Пример разработанного робота на базе Lego Mindstorms EV3

С функцией Auto-ID микрокомпьютер EV3 и программное обеспечение MINDSTORMS Education EV3 могут автоматически определять, какое устройство подключено в каждый порт. Таким образом, стало возможным быстро обнаружить ошибку при соединении электрических элементов - моторов и сенсоров.

Поддерживается соединение до 4 микрокомпьютеров EV3 через USB порты. При помощи данной функции можно программировать все 4 микрокомпьютера как одно целое, получая большее количество портов. Это позволит создавать действительно огромные конструкции. Коммуникационные возможности расширяет поддержка платформой технологий передачи данных Bluetooth и Wi-Fi, благодаря которым возможно осуществить беспроводную связь между микрокомпьютерами, а также со смартфонами на базе операционных систем Android и iOS [1].

## 1.1.2 Программное обеспечение LEGO MINDSTORMS Education EV3

Программирование робота стало возможным как при помощи специального программного обеспечения на компьютере (LEGO Education software), так и непосредственно на микроконтроллере EV3. Программирование на компьютере более удобно и понятно, так как используется наглядный графический интерфейс для облегчения восприятия программ. Снять измерения с датчиков можно двумя путями: при помощи программного обеспечения EV3 Software (рисунок 2) и непосредственно с микроконтроллера EV3. Важной особенностью является возможность представления данных в виде графиков, обеспечивая высокую наглядность и доступность [1].

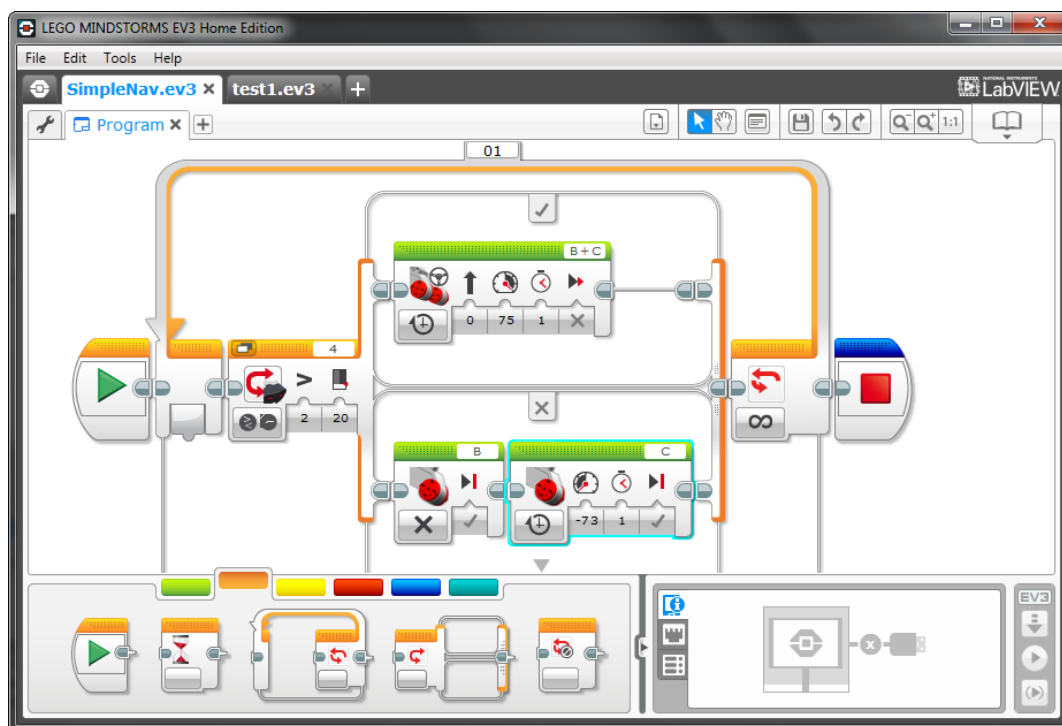


Рисунок 2- Интерфейс среды разработки Lego EV3 Software

## 1.2 Mi Bunny Block Robot

Совместная разработка компаний Xiaomi и Mijia - робот-конструктор, содержащий уже 978 деталей (рисунок 3). Существует возможность собрать три различных варианта робота: балансир, динозавр и вертолёт [2].



Рисунок 3 - Одна из возможных моделей робота  
Mi Bunny Block Robot

### 1.2.1 Аппаратное обеспечение Mi Bunny Block Robot

Mi Bunny Block Robot (рисунок 4) обладает дистанционным управлением и системой поддержания равновесия. Собранный из конструктора робот программируется с помощью блочного графического языка программирования.

В качестве устройства управления используется программируемый блок, основанный на базе 32-битного STM32 микроконтроллера с ядром Cortex M3, работающем на частоте 72 мГц. Приводит робота в движение пара бесщёточных мотор - колёс, вращающихся со скоростью до 133 оборотов в минуту и развивающих крутящий момент 25 Н/см. Помимо механических узлов присутствуют электронные датчики для определения скорости и направления



движения, сохранения устойчивого положения и защиты от перегрева. При изготовлении деталей конструктора используются экологически чистые материалы, в том числе гипоаллергенный поликарбонат [2].



Рисунок 4 - Внешний вид конструктора

### 1.2.2 Программное обеспечение Mi Bunny Block Robot

Управление роботом возможно с помощью смартфона (рисунок 5) в режиме джойстика или гироскопа. При этом оператор по своему усмотрению может программировать разнообразные движения игрушки, например, научить её танцам. Для этого предусмотрено программное обеспечение, которое задаёт поведение на основе модуль - действий. Разобраться с приложением не составит труда даже детям [2].



Рисунок 5 - Пример построения программы управления роботом с использованием смартфона на графическом языке

### **1.3 Makeblock**

Идея создания робототехнического STEM конструктора, который был бы одинаково интересен детям и взрослым, преподавателям и дизайнерам, принадлежит молодому китайскому инженеру Джасену Венгу. Компания Makeblock была основана в 2011 году и на сегодня объединяет 200 выпускников преимущественно Массачусетского технологического института и Университета Циньхуа. Миссия компании - «разрабатывать идеи робототехники и делиться ими». Основой конструкторов является около 500 электронных компонентов и отличная графическая оболочка для программирования, продукция «Мейкблок» известна в 140 странах, а процессом развития открытой платформы и обучения охвачены около 600 тыс. человек [3].

#### **1.3.1 Аппаратное обеспечение набора MakeBlock**

Наборы Makeblock позволяют собрать роботов, готовых к участию в соревнованиях – все модели снабжены колёсами или гусеничными приводами. Каждый набор позволяет собрать несколько моделей. Компанией разработана оригинальная конструкция руки-захвата (рисунок 6), которая совместима с различными моделями [4].

В качестве электронных компонентов используются платы и периферия, совместимые с Arduino. Все детали сделаны из прочного штампованного алюминия. Особенно интересным конструкторским решением являются балки, вдоль которых тянется паз с резьбовой перфорацией, в который можно вкручивать винты на любом расстоянии друг от друга [3].

Модули конструктора обладают унифицированными разъёмами с цветными метками для удобного и понятного подключения электронных компонентов. Таким образом, для правильного подключения нужно просто убедиться в совпадении цвета меток [4].



Рисунок 6 - Использование собственной конструкции руки-захвата в построении робота

### 1.3.2 Программное обеспечение набора MakeBlock

Для дистанционного управления роботом есть бесплатное приложение для Android и iOS - Makeblock. Некоторые наборы комплектуются пультами дистанционного управления, например, IR-версия набора Starter Robot Kit.

Программируются роботы Makeblock с помощью программы собственной разработки mBlock, основанной на редакторе Scratch 2.0, с помощью Arduino IDE или ArduBlock. Чтобы работать в Arduino IDE или ArduBlock необходимо дополнительно установить библиотеку Makeblock.

Специально для набора mDrawBot компания Makeblock разработала программу mDraw (рисунок 7), с помощью которой возможно импортирование векторных рисунков формата SVG, конвертирование BMP в SVG и масштабирование рисунка. При нанесении рисунка с помощью лазера поддерживаются разные оттенки [4].

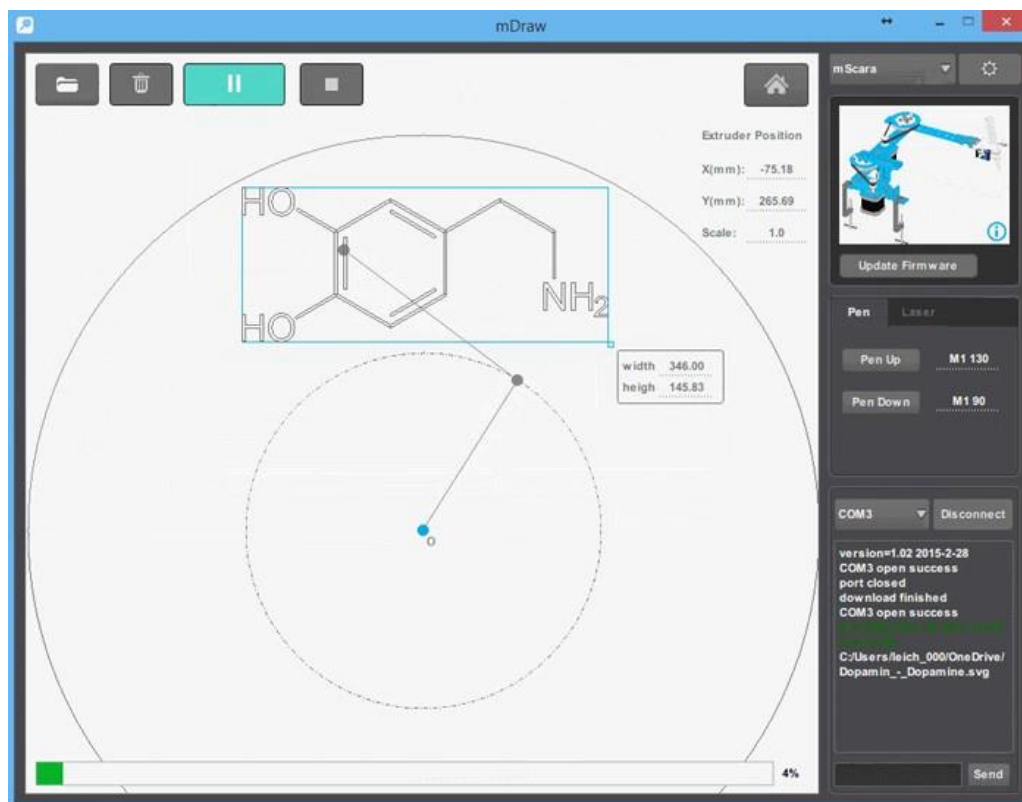


Рисунок 7 - Интерфейс программы mDraw

#### 1.4 Анализ наиболее известных решений

При изучении разнообразных программно-аппаратных образовательных робототехнических платформ была выявлена тенденция: компании занимаются разработкой преимущественно собственных программных продуктов для управления роботами. Кроме того, коммуникационные возможности таких платформ ограничиваются исключительно взаимодействием роботов со смартфонами и ПК посредством использования проводных интерфейсов или Bluetooth. Таким образом, существует возможность сделать данные платформы более функциональными за счёт унификации управляющего ПО, его предоставления в качестве веб-сервиса для реализации кроссплатформенности, развития сообщества пользователей и разработчиков, создания механизма децентрализации вычислений, а также расширения сетевых возможностей взаимодействия. Выполнить предложенные модернизации нам поможет внедрение в робототехнику концепции интернета вещей.

Дадим краткое пояснение понятию «интернет вещей». Под интернетом вещей (англ. *Internet of Things, IoT*) понимают концепцию вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаящее из части действий и операций необходимость участия человека.

Концепция сформулирована в 1999 году как осмысление перспектив широкого применения средств радиочастотной идентификации для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением. Наполнение концепции «интернета вещей» многообразным технологическим содержанием и внедрение практических решений для её реализации начиная с 2010-х годов считается устойчивой тенденцией в информационных технологиях, прежде всего, благодаря повсеместному распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений и развитию технологий межмашинного взаимодействия [5].

Чтобы доказать применимость рассмотренной концепции в сфере робототехники, в рамках ВКР разработан программно-аппаратный образовательный робототехнический комплекс с интегрированием в него концепции IoT.

## **2 Проектирование робототехнической платформы**

### **2.1 Концепция проекта**

Разработанная образовательная платформа является программно-аппаратным комплексом, сочетающим в себе применение различных технологий из сфер веб-разработки, программирования микроконтроллеров и микрокомпьютеров, а также проектирования с использованием САПР.

Программная составляющая проекта представляет собой совокупность клиентского и серверного программного обеспечения. Клиентская часть реализуется на аппаратной основе главной и вспомогательной системы управления роботом. Серверная часть - удалённый веб-сайт (веб-сервис), физически находящийся на сервере хостинг-провайдера.

Аппаратная составляющая проекта – управляющая электроника робота и его спроектированный корпус. Она служит для реализации возможностей программной части, а также является наглядным образовательным пособием.

В проект заложены три основополагающих положения.

#### **2.1.1 Положение 1**

*Веб-сайт состоит из совокупности двух модулей: среды быстрого графического прототипирования программ управления роботами и конструктор наглядных графических интерфейсов.* Модули предполагают минимальный порог вхождения и рассчитаны на пользователей, желающих концентрироваться не на технических аспектах разработки, а на непосредственной реализации идеи. Размещение модулей в онлайн-пространстве даёт ряд преимуществ:

1) нет необходимости в установке программного обеспечения в память рабочего компьютера: всё доступно сразу в браузере;

2) нет необходимости покупать дорогостоящую операционную систему Windows, для работы с образовательным комплексом достаточно установленной ОС Linux, а в совокупности с тем, что основные вычисления

происходят на стороне сервера, потребуются менее мощные и дорогостоящие персональные компьютеры;

3) пользователю не нужно думать о своевременном обновлении программного обеспечения, так как ПО сайта обновляется динамически;

4) все проекты пользователя хранятся удалённо, даже если что-то случится с компьютером, все файлы можно будет легко восстановить;

5) размещение сервиса в интернете позволит внедрить ряд функций социальных сетей, например, можно будет делиться созданными программами (см. положение 2), привлекать экспертов для помощи в отладке кода и поиске ошибок, вести блог разработчика. Возможно расширение проекта до коммерческого уровня.

### **2.1.2 Положение 2**

*Сервис является концентратором разработанных участниками сообщества общедоступных программных технологий.* Их наличие позволит свести к минимуму «изобретение велосипеда», ускорит процесс создания системы управления роботом и сделает графический «код» более наглядным и систематизированным. Положение реализуется по принципу электронного магазина, в котором размещаются готовые блоки, как на безвозмездной, так и на платной основе. Бесплатные блоки предоставляют функционал, приближенный к стандартным блокам, платные - дают доступ к уникальным и более сложным программным решениям.

### **2.1.3 Положение 3**

*Разрабатываемый проект – это инструмент, интегрирующий интернет вещей в робототехнику,* что делает возможным организацию широкого спектра функций межсетевого взаимодействия робототехнических устройств и децентрализации вычислений.

Применительно к робототехнике организация взаимодействия робота и управляющего программного обеспечения по типу интернета вещей приносит дополнительные преимущества:

### *Управление роботом «на лету» посредством беспроводных технологий.*

Нет необходимости ожидать, пока в робота будет загружена управляющая программа. В его памяти записан специальный интерпретатор удалённых команд, позволяющий исполнять разработанную на графическом языке программу в режиме реального времени. Отсутствие соединительных проводов делает процесс отладки алгоритмов более удобным.

*Удешевление управляющей электроники робота и увеличение времени автономной работы за счёт децентрализации вычислений.* Рассмотрим простой пример для подтверждения сказанного: реализация машинного зрения. Чтобы робот смог «видеть», необходим достаточно мощный и, как следствие, энергозатратный микрокомпьютер, способный произвести необходимые вычисления на борту. Используя концепцию интернета вещей, можно установить на робота вместо дорогостоящего микрокомпьютера недорогую и более энергоэффективную плату беспроводной передачи изображения на сервер. Сервер, произведя необходимые вычисления, в ответ отправляет только команды управления. В таком случае внедрение IoT благоприятно скажется на массогабаритных параметрах робота, стоимости и времени автономной работы. Данный подход будет актуален, например, при разработке беспилотных летательных аппаратов.

*Расширение коммуникационных возможностей.* Роботами можно управлять из любой точки земного шара. Любой робот, где бы он ни находился, сможет получать информацию из интернета, связываться с оператором через смартфон и отправлять уведомления, публиковать технический отчёт в блоге, вести прямую видеотрансляцию, предоставлять многопользовательский доступ к управлению.



## **2.2 Разработка аппаратной составляющей**

Проект платформы для обучения робототехнике предполагает разработку собственного аппаратного решения для демонстрации функциональных особенностей программной среды. Решение должно соответствовать следующим техническим требованиям:

1. широкая доступность корпусных материалов и электронных комплектующих;
2. дешевизна и возможность легкого повторения конструкции в условиях школ робототехники и частных мастерских;
3. минимизация массогабаритных параметров за счёт использования меньшего количества метизов, грамотно спроектированных технологических отверстий и современной элементной базы;
4. максимально возможная надёжность всех узлов с расчётом на длительную эксплуатацию в образовательных целях;
5. модульность и возможность унификации конструкции.

### **2.2.1 Корпус робота**

С учётом обозначенных требований в качестве оптимального решения для аппаратной составляющей проекта была выбрана колёсная робототехническая платформа. Каждый узел платформы является модульным и унифицированным. Спроектированный образец робота имеет: три колёсных модуля, манипулятор, а также специальное крепление с изменяемым углом отклонения для датчиков линии, инфракрасных/ультразвуковых дальномеров и камер. Представленные модули устанавливаются на сдвоенную корпусную рейку, фиксируются зажимными планками и одной парой винт-гайка, которые показаны на рисунке 8. В сочленениях манипулятора, как наиболее подвижных узлах, предусмотрено использование гаек с нейлоновым уплотнителем с целью уменьшения вероятности самостоятельного разбора конструкции в процессе эксплуатации. Помимо функциональных модулей предусмотрена прямоугольная площадка с отверстиями под крепление

пользовательской электроники: управляющих микроконтроллеров или микрокомпьютеров, преобразователей напряжения, аккумуляторов, драйверов двигателей, модулей беспроводной связи и т.д. Корпус робота спроектирован из дешёвого и легкодоступного материала - берёзовой фанеры толщиной 3 миллиметра и предназначен для изготовления на лазерном гравировальном станке по заранее подготовленным двух мерным чертежам в полностью автоматическом режиме. Корпус робота разработан в системе автоматического проектирования (САПР) Solid Works 2013. Его трёх мерная модель представлена на рисунке 8.

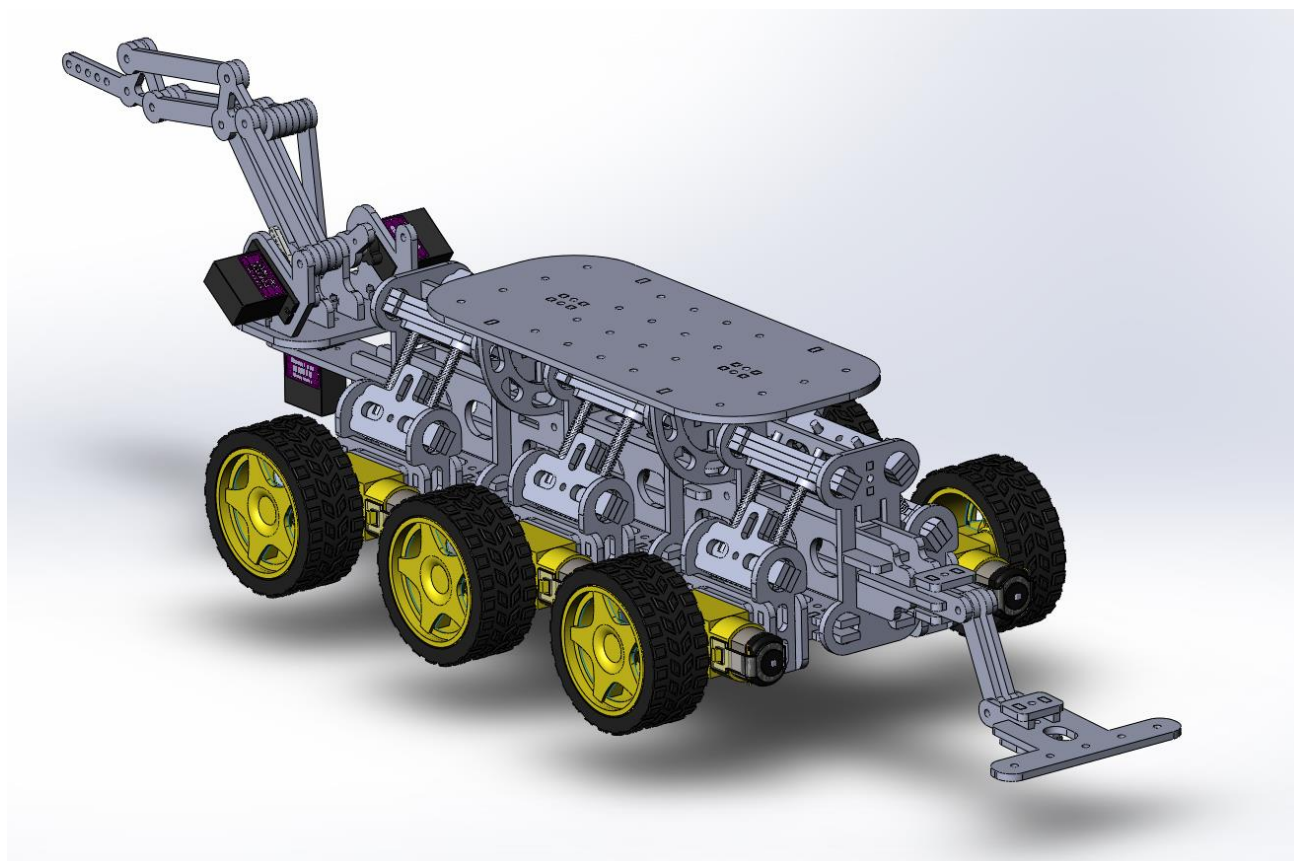


Рисунок 8 - Трёхмерная модель корпуса робота

Робототехническая платформа в сборе представлена на рисунке 9.

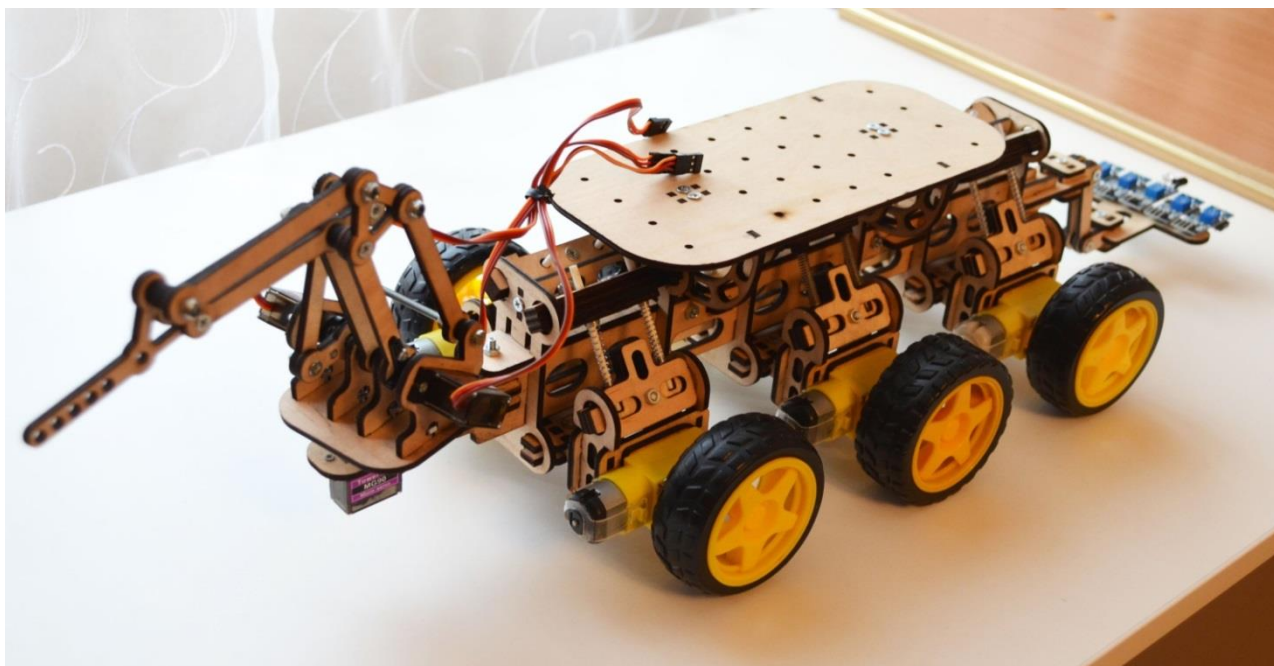


Рисунок 9 - Собранная платформа робота

Для использования робота в условиях пересечённой местности, уменьшения износа корпусных деталей, а также стабилизации показаний датчиков спроектированы сдвоенные пружинные амортизаторы, установленные на каждом колесе. Конструкция рассматриваемого узла представлена в виде трехмерной модели на рисунке 10.

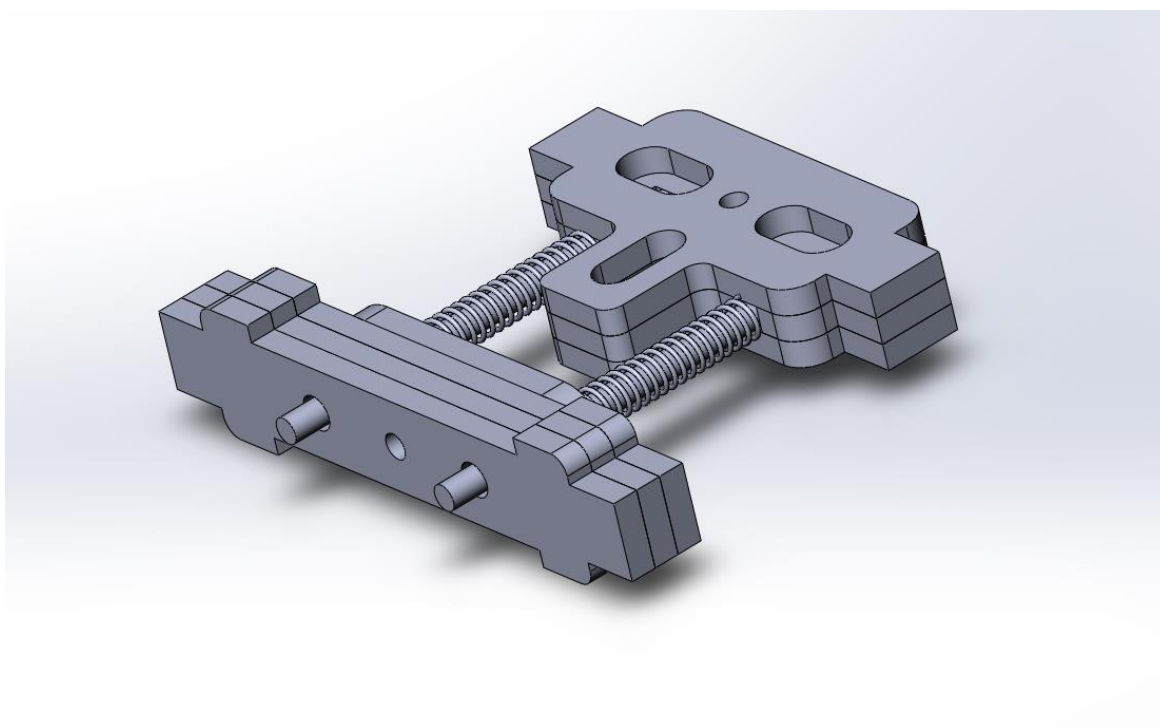


Рисунок 10 - Трехмерная модель сдвоенного пружинного амортизатора

Амортизатор обладает четырьмя горизонтальными шипами для реализации шарнирного механизма. Основания шипов скруглены с целью уменьшения трения при вращении шарниров. Функцию направляющих выполняют фрагменты стержня шариковой ручки, которые закрепляются внутри пазов неподвижных планок с использованием клея, содержащего цианакрилат. Неподвижные планки обладают выступом, находящимся между направляющими, задача которого заключается в ограничении хода амортизатора при чрезмерной механической нагрузке для недопущения прижатия днища робота к поверхности движения. В роли регулятора хода пружины выступает регулировочная планка, устанавливаемая в направляющие между пружинами и подвижной частью амортизатора. В конструкции представленного механизма предусмотрены технологические отверстия для уменьшения массы деталей и улучшения эстетического вида.

Основа ходовой части – популярный китайский пластиковый мотор-редуктор, широко используемый конструкторами в любительских проектах. Данный мотор-редуктор комплектуется пластиковым колесом с резиновой шиной для лучшего сцепления с поверхностью движения. При номинальном напряжении 6 вольт электродвигатель потребляет 160 мА постоянного тока и вращает колесо с частотой 100 оборотов в минуту. Обладает следующими габаритными размерами (длина x ширина x высота): 70 мм x 37 мм x 23 мм [6]. Трехмерная модель мотор-редуктора представлена на рисунке 11.



Рисунок 11 - Трехмерная модель мотор-редуктора

Рассмотренные ранее мотор-редуктор и амортизатор входят в конструкцию колёсной сборки, трехмерная модель которой представлена на рисунке 12. У основания нижнего шарнира присутствуют дополнительные шипы, не позволяющие направляющим амортизатора вылетать из пазов при поднятии робота над поверхностью.

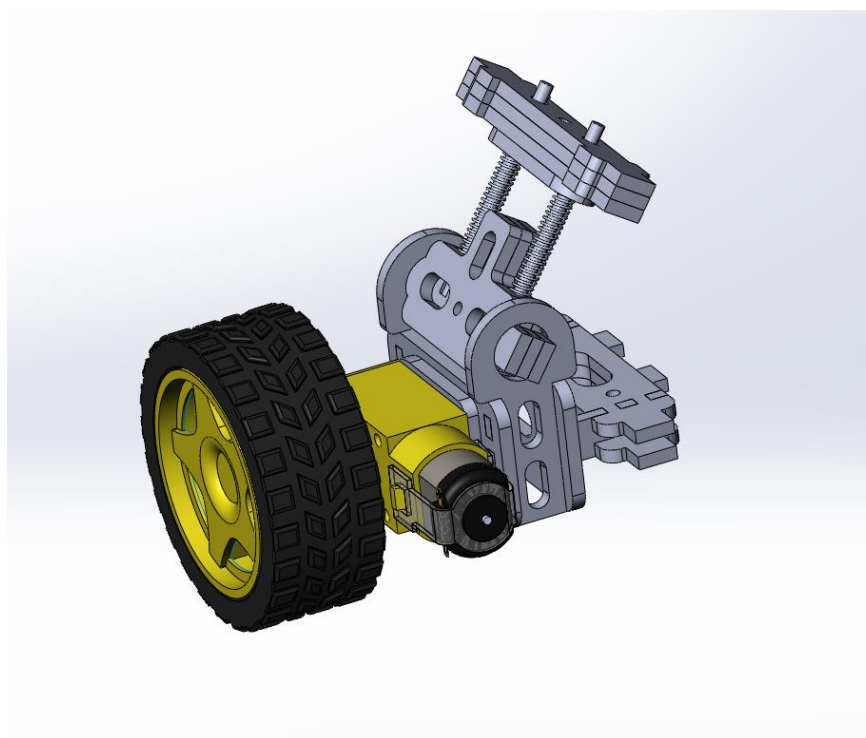


Рисунок 12 - Трехмерная модель колёсной сборки



На рисунке 13 представлена фотография днища робота, на котором можно отчётливо разглядеть дополнительные ограничительные шипы.

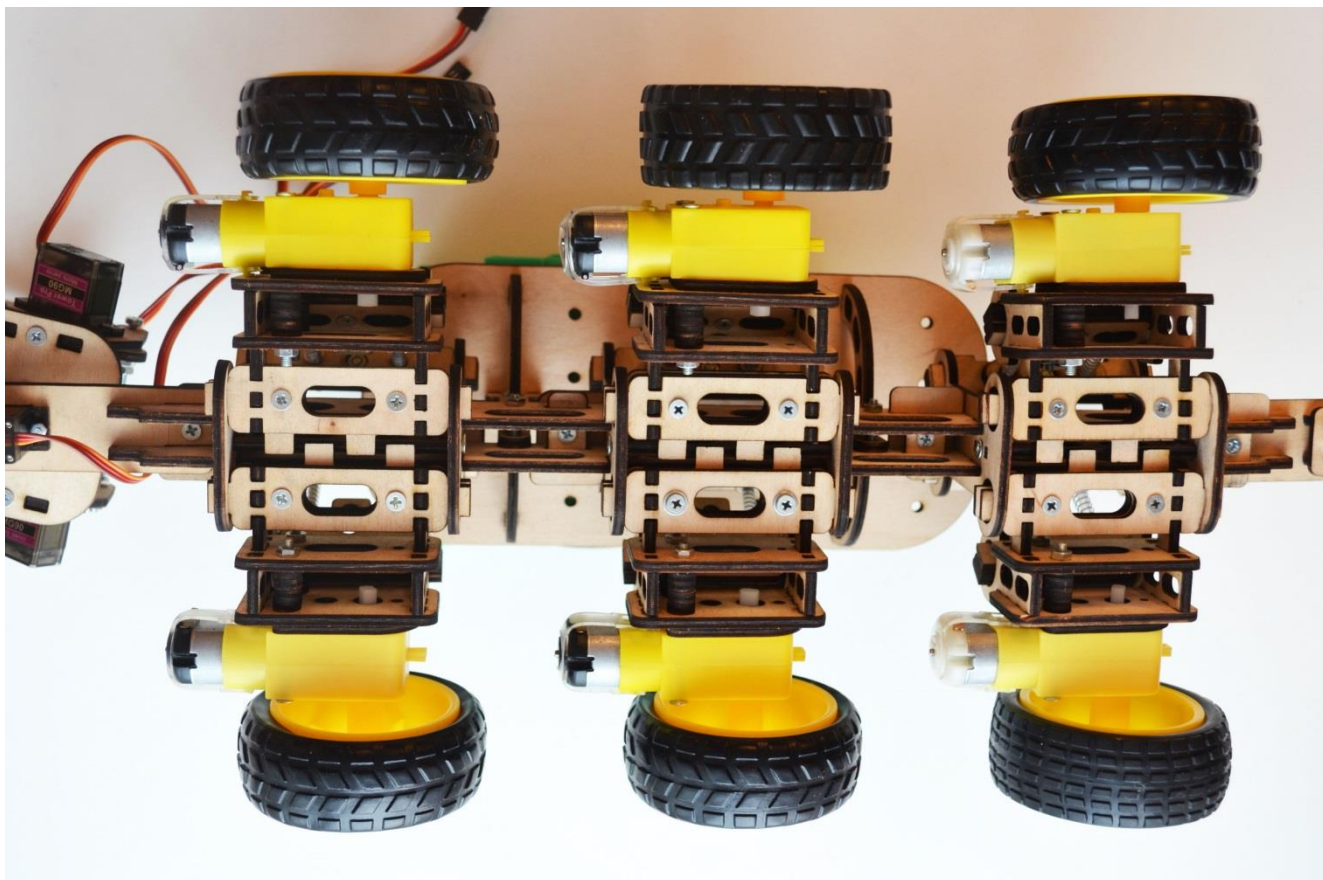


Рисунок 13 - Дополнительные шипы на днище робота

В свою очередь две колёсных сборки образуют модуль колёсной пары (рисунок 14). Данный модуль включает в себя несколько планок, обладающих двумя типами специальных отверстий: для крепления к рейкам рамы методом перекрёстной фиксации и для реализации шарнирных механизмов. Колёсная пара обладает дополнительными продольными ребрами жесткости, которые соединяют все детали рассматриваемого узла в единую жесткую систему. Колёсная пара и колёсная сборка в частности также обладают технологическими отверстиями.

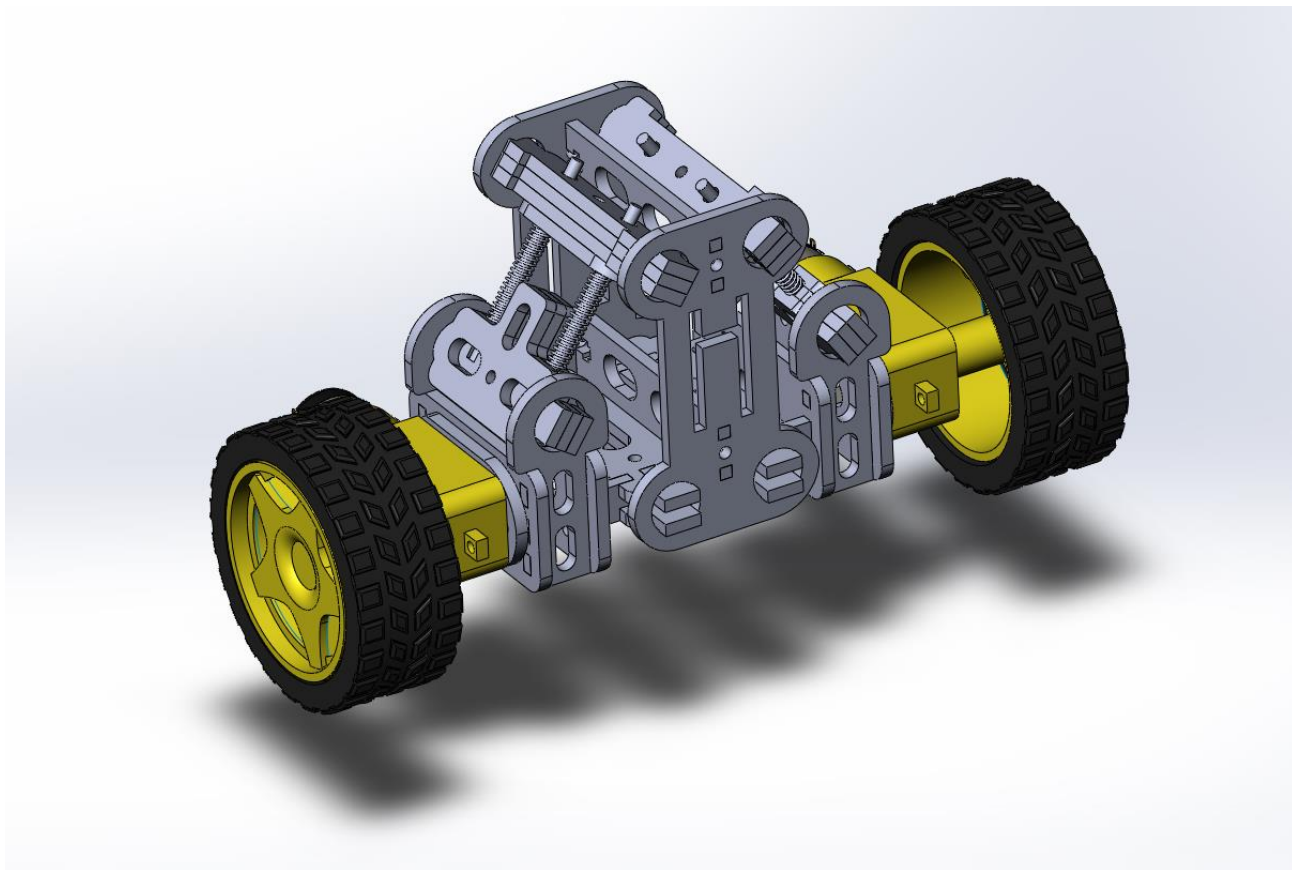


Рисунок 14 - Трёхмерная модель колёсного модуля

В процессе разработки колёсный модуль претерпел несколько существенных изменений: было сокращено расстояние между колёс за счёт увеличения высоты модуля, что позволило снизить нагрузку на амортизаторы, а также предотвратить нежелательное скрещивание направляющих, а также добавлены упоры и ограничители для предотвращения обездвиживания робота при чрезмерной массовой нагрузке на платформу. На рисунке 15 представлен модуль до модернизации, на рисунке 16 – после.

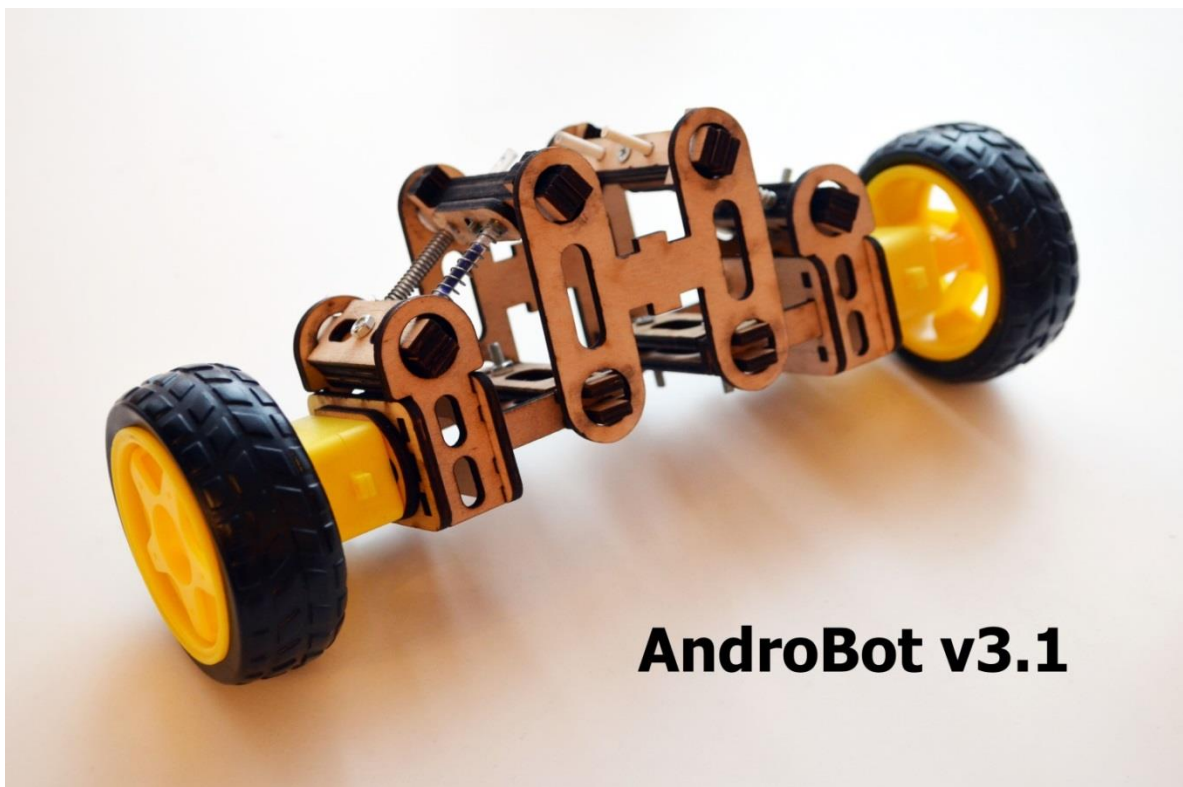


Рисунок 15 - Колёсный модуль до модернизации

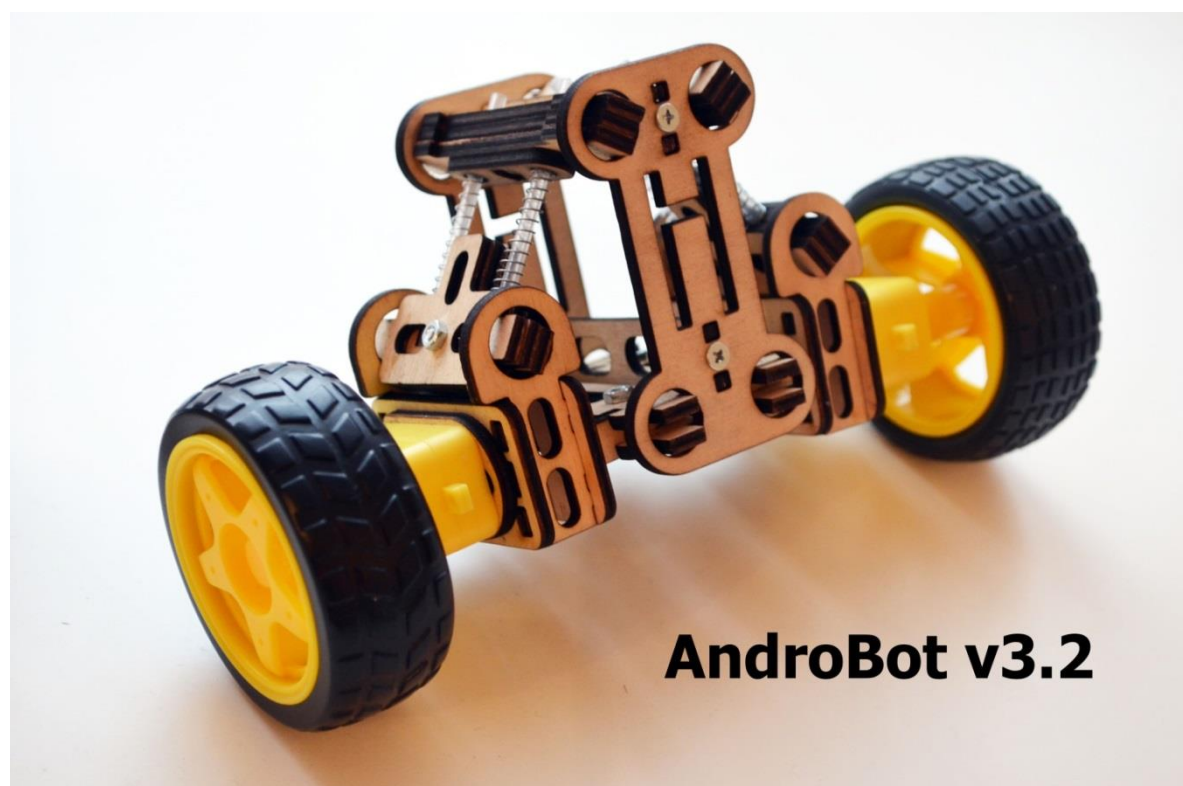


Рисунок 16 - Колёсный модуль после модернизации



Модуль манипулятора (рисунок 17) предназначен для осуществления роботом различных механических воздействий на окружающую среду, а также применения в качестве подвижной платформы для крепления датчиков или камер. Для осуществления движения конструкции использованы три сервопривода MG90S, обладающие крутящим моментом 2 кг/см и скоростью реакции 0.11 секунд/60 градусов (при номинальном напряжении 4.8 В) [7]. Передача вращающего момента от сервоприводов до сегментов происходит посредством нейлоновых качелек. Концевой сегмент обладает рядом из пяти отверстий для крепления хватательных или иных механизмов. Манипулятор имеет три степени свободы.

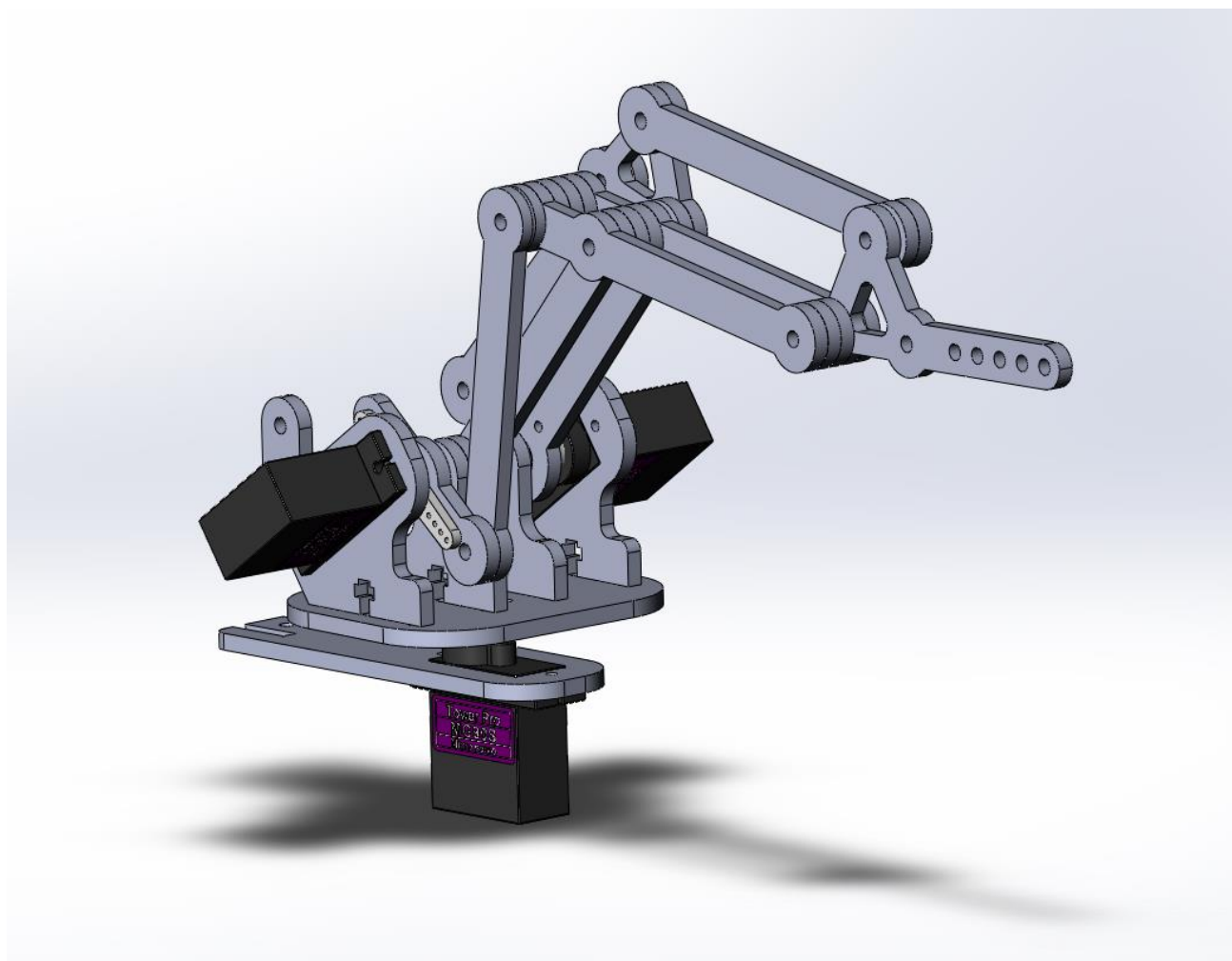


Рисунок 17 - Трёхмерная модель модуля манипулятора

### 2.2.2 Управляющая электроника и система питания робота

Система управления роботом состоит из двух подсистем: основной и вспомогательной. Данное разделение функционала является временным, но необходимым для построения первого рабочего прототипа. Следующая модификация аппаратной платформы будет без использования микрокомпьютера для полного соответствия *положению 3*.

Основная система управления реализована на базе одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3 model B (рисунок 18). Компьютер обладает 64-х битным четырёхядерным процессором ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1,2 ГГц на однокристальном чипе Broadcom BCM2837, что делает возможным использование широкого спектра версий дистрибутивов Linux: Debian Wheezy, Ubuntu Mate, Fedora Remix, Raspbian, существенно расширяющих его функциональные возможности [8].

Raspberry Pi 3 Model B предоставляет 4 USB-порта. В качестве низкоуровневых интерфейсов доступны [8]:

- 40 портов ввода-вывода общего назначения;
- UART (Serial);
- I<sup>2</sup>C/TWI;
- SPI с селектором между двумя устройствами;
- пины питания: 3,3 В, 5 В и земля.



Рисунок 18 - Внешний вид микрокомпьютера Raspberry Pi 3 Model B

В таблице 1 приведены основные характеристики рассматриваемого микрокомпьютера [8].

Таблица 1 - Основные характеристики Raspberry Pi 3 model B

Процессор	64-битный 4-ядерный ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1,2 ГГц на однокристальном чипе Broadcom BCM2837
Оперативная память	1ГБ LPDDR2 SDRAM
Цифровой видеовыход	HDMI
Аудио выход	композитный 3,5 мм (4 pin)
Сетевые возможности	WiFi 802.11n, 10/100 Мб RJ45 Ethernet, Bluetooth 4.1, Bluetooth Low Energy
Разъем дисплея	Display Serial Interface (DSI)
Разъем видеокамеры	MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Тип карты памяти	MicroSD
Порты ввода-вывода, шт	40
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	85 x 56 x 17

Питание Raspberry Pi 3 осуществляется от понижающего импульсного стабилизатора напряжения на базе микросхемы LM2596 (рисунок 19) через разъём micro-USB. Производителем рекомендуется использовать источник питания с силой тока не менее 2 А, чтобы иметь возможность подключать к USB-портам более энергоемкие устройства. Данное требование соблюдено, так как рассматриваемый стабилизатор способен выдавать до 3 ампер постоянного тока.



Рисунок 19 - Понижающий импульсный стабилизатор напряжения  
на базе микросхемы LM2596

Так как робот подразумевает подключение не менее трёх сервоприводов (для реализации работы манипулятора), в управляющем устройстве необходимо наличие трёх выводов (GPIO), поддерживающих аппаратную ШИМ (PWM). Микрокомпьютер Raspberry Pi 3 обладает только одним подходящим выводом. Существует возможность программной эмуляции ШИМ на остальных GPIO, однако сигнал, сформированный программно, окажется крайне нестабильным, так как цикл генерации будет конкурировать с основной программой за время выполнения. Нестабильный сигнал не будет способен качественно управлять сервоприводами, что повлечёт за собой неконтролируемые хаотичные движения ротора с малой амплитудой колебаний. Таким образом, возникает необходимость во включении в систему управления дополнительного электронного компонента – платы NodeMCU (рисунок 20), позволяющей не только расширить количество ШИМ - выводов, но упростить интеграцию концепции интернета вещей в робототехнику.

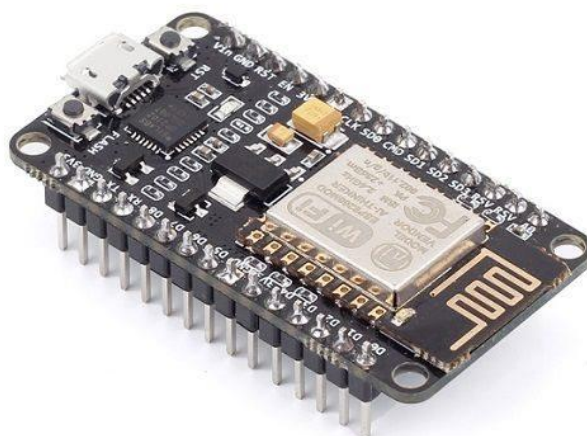


Рисунок 20 - Плата NodeMCU

NodeMCU представляет собой платформу на основе модуля ESP8266. Плата предназначена для удобного управления различными схемами на расстоянии посредством передачи сигнала в локальную сеть или интернет через Wi-Fi. Размер: 6 см в длину и 3 см в ширину. На лицевой части платы установлен разъем micro-USB, с помощью которого в контроллер можно загрузить программы или подать питание. Рядом с разъемом располагаются две кнопки: «Flash» и «Reset». Кнопка «Flash» используется для отладки, а кнопка «Reset» для перезагрузки NodeMCU. Больше всего места на плате занимает чип ESP8266, на котором установлен микропроцессор с тактовой частотой 80 МГц (можно увеличить до 160 МГц). Платформа имеет 4 мегабайта Flash - памяти. Энергоснабжение возможно от источников питания с напряжением от 5 до 12 В, однако рекомендована подача 10 В. Подача питания возможна как через разъем micro-USB, так и через контакт Vin [9].

Чтобы коммутировать входящие в состав робота электроприводы, используется модуль драйвера двигателя на базе микросхемы 1298n (рисунок 21), способного обеспечить прямое и реверсивное движение двух коллекторных двигателей (или двух групп коллекторных двигателей, соединённых параллельно). Драйвер работает в диапазоне напряжений от 5 до 35 В, управляет током до 2 А (в пике) и обладает массой 33 грамма, габаритными

размерами (длина x ширина x высота): 55 мм x 60мм x 30мм, и алюминиевым радиатором, отводящим излишки теплоты от микросхемы [10]. Кроме того, данная плата является источником стабилизированного питания напряжением 5 В для NodeMCU.

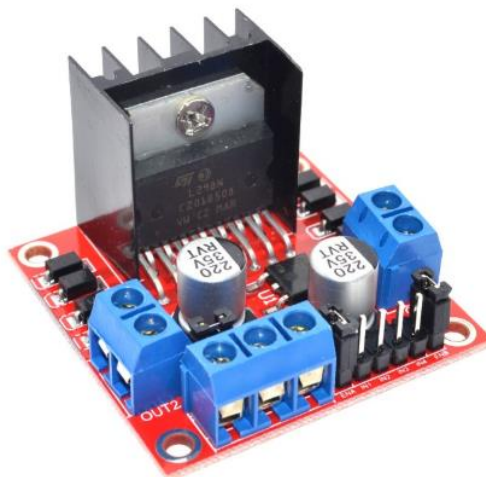


Рисунок 21- Драйвер двигателя на базе микросхемы l298n

Стоит также отметить наличие в системе электропитания робота отдельного импульсного понижающего стабилизатора напряжения HOBBYWING UBEC (рисунок 22) для питания сервоприводов манипулятора. Устройство способно выдавать ток до 3А с напряжением 5 В.



Рисунок 22 - Импульсный понижающий стабилизатор  
напряжения HOBBYWING UBEC

Для организации автономной работы робота все представленные стабилизаторы подключены к литий-полимерному трех баночному аккумулятору NVISION (рисунок 23), который способен генерировать 11,1 В напряжения. Батарея обладает ёмкостью  $C = 2500 \text{ мА} \cdot \text{ч}$ , а также максимальной токоотдачей 30С, то есть  $30 \cdot 2,5 \text{ А} = 75 \text{ А}$ .



Рисунок 23 - Аккумулятор для осуществления автономного питания

Li-PO аккумуляторы нельзя разряжать ниже 2,5 - 3В на банку (то есть около 9В на общем выводе). Произойдёт необратимая потеря ёмкости и значительно уменьшится срок службы. Чтобы избежать данного негативного воздействия к балансировочному выводу необходимо подключить бортовой сигнализатор низкого напряжения (рисунок 24).

Сигнализатор представляет собой устройство, оборудованное светодиодным индикатором, кнопкой настройки и пьезоэлементом для звукового оповещения. Индикатор последовательно показывает напряжение на каждой банке и суммарное на выходных клеммах. Пьезоэлемент издаёт громкий звуковой сигнал при достижении минимального напряжения, настраиваемого с помощью кнопки.



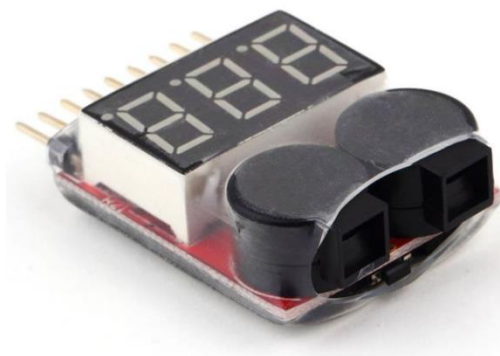


Рисунок 24 - Бортовой сигнализатор низкого напряжения

Фотография робота со всей установленной электроникой представлена на рисунке 25.

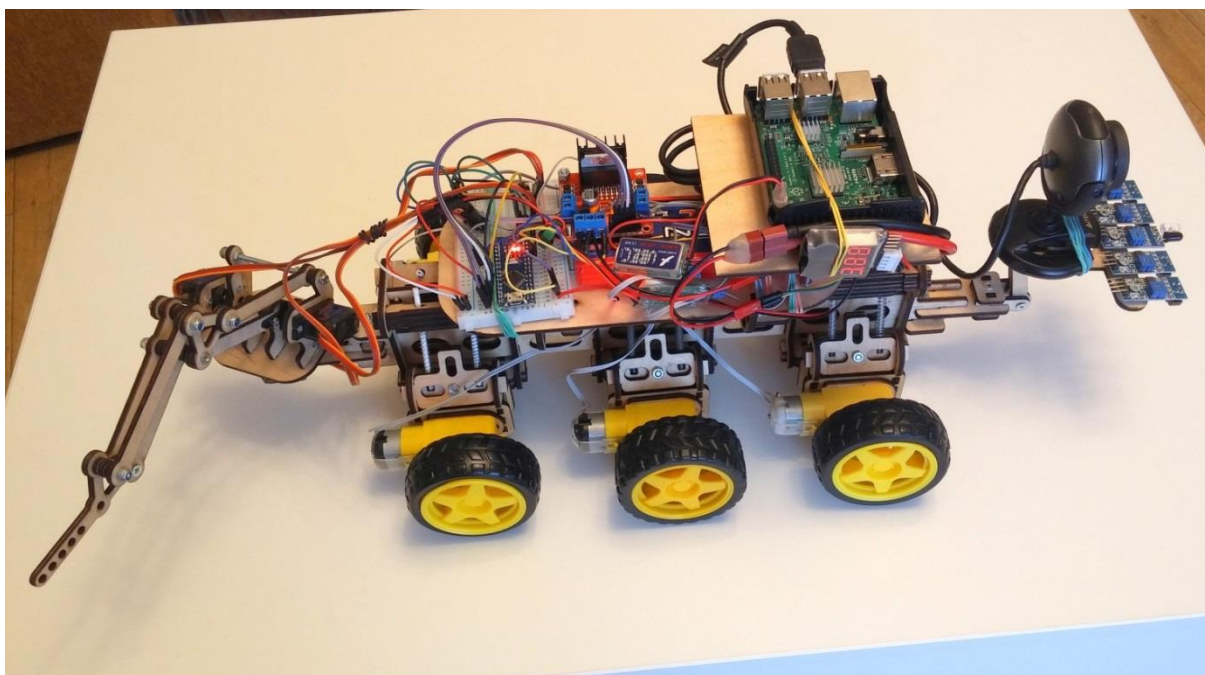


Рисунок 25 - Робот с установленной электроникой



### 3 Разработка программного обеспечения

Программная составляющая проекта, как уже было отмечено ранее, представляет собой совокупность клиентского и серверного программного обеспечения.

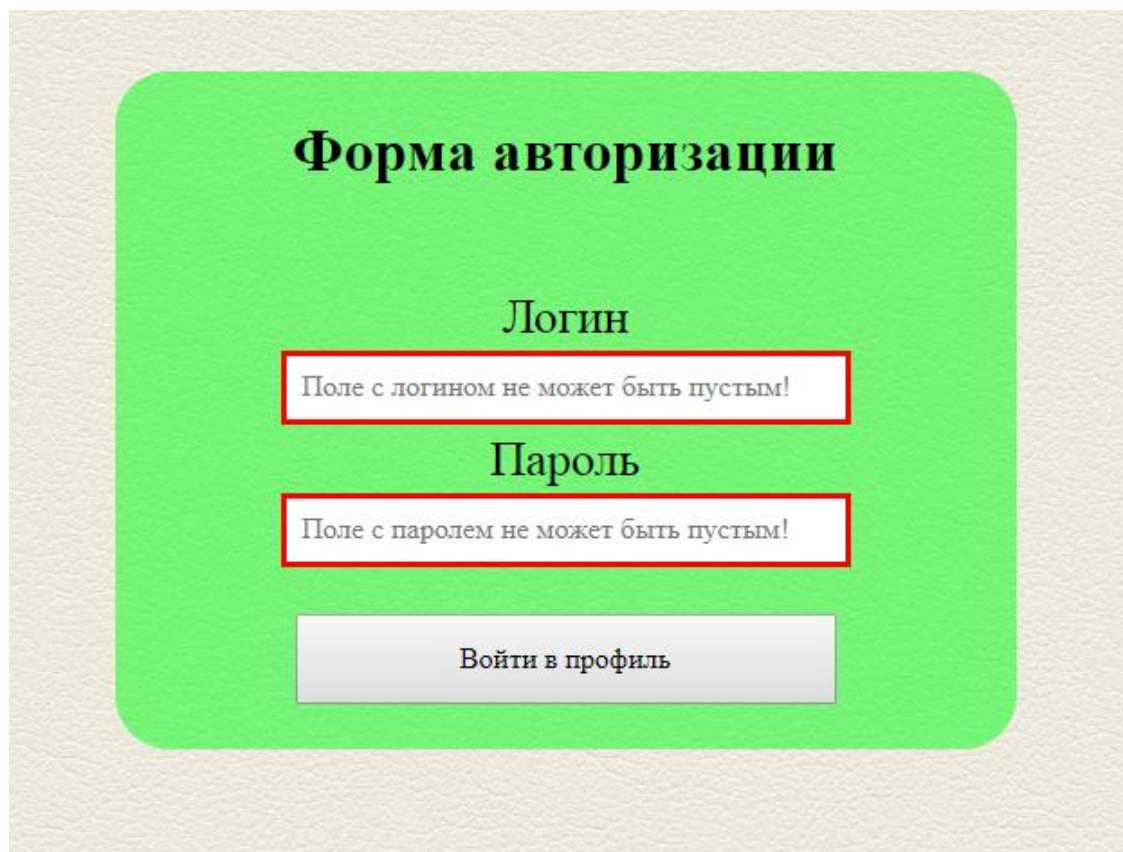
Клиентское программное обеспечение реализует следующие функции:

- 1) поддержка соединения с веб-сайтом, авторизация робота, приём и передача сообщений;
- 2) интерпретация полученных с сервера данных в команды исполнительной системы управления;
- 3) контроль за соблюдением корректного выполнения переданных команд.

Серверная часть является веб-сервисом, написанным на языках программирования и разметки: HTML, CSS, JavaScript и PHP с использованием базы данных MySQL. Разработанный сайт доступен на техническом домене: <http://a0201707.xsph.ru/>

На текущий момент реализован следующий функционал:

- 1) Авторизация пользователя с сохранением уникального идентификатора сессии в Cookies.
- 2) Форма авторизации (рисунок 26) и регистрации (рисунок 27) с проверкой корректности введённых данных в поля «логин» и «пароль» и наличия уже зарегистрированных пользователей в системе. Корректными являются поля, в которых не содержатся символы пробела и не отсутствуют символы вовсе.



**Форма авторизации**

Логин

Поле с логином не может быть пустым!

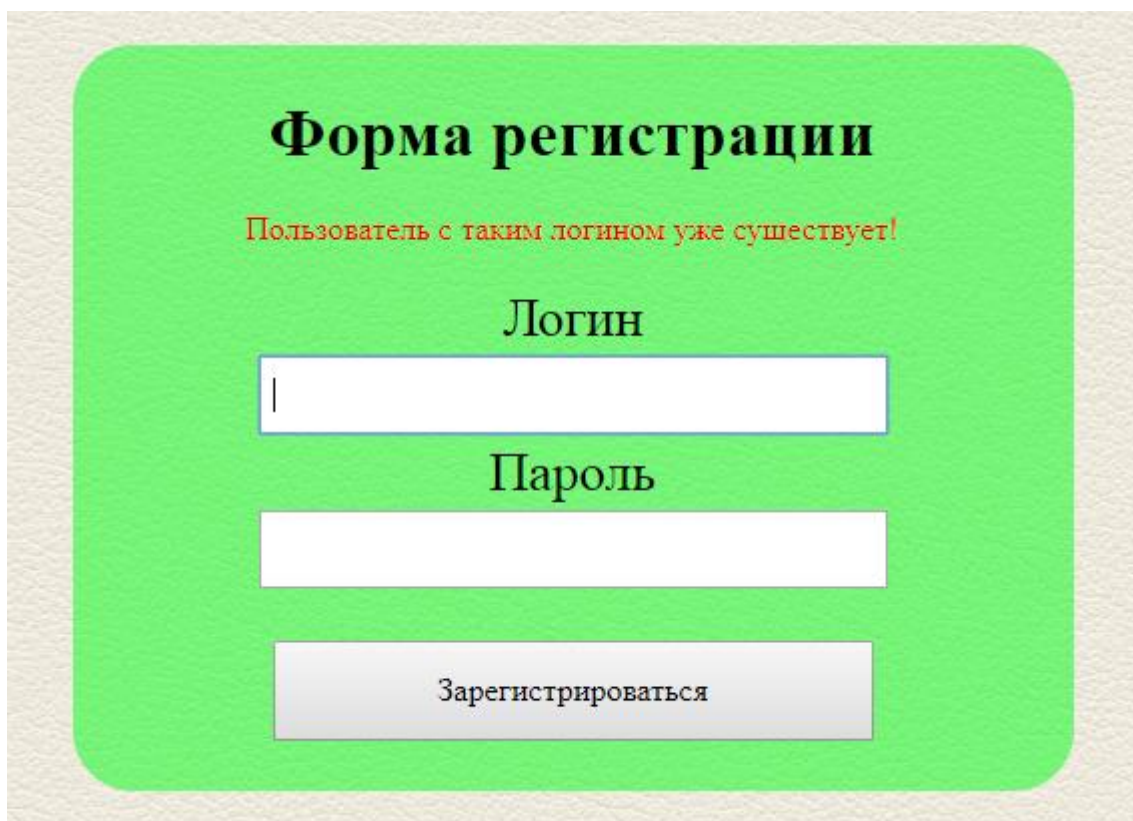
Пароль

Поле с паролем не может быть пустым!

Войти в профиль

The image shows a login form on a light green background. It has a title 'Форма авторизации'. Below it are two input fields. The first is labeled 'Логин' and has a red border with the error message 'Поле с логином не может быть пустым!'. The second is labeled 'Пароль' and also has a red border with the error message 'Поле с паролем не может быть пустым!'. At the bottom is a grey button labeled 'Войти в профиль'.

Рисунок 26 - Форма авторизации



**Форма регистрации**

Пользователь с таким логином уже существует!

Логин

Пароль

Зарегистрироваться

The image shows a registration form on a light green background. It has a title 'Форма регистрации'. Below it is a red error message 'Пользователь с таким логином уже существует!'. Then there are two input fields. The first is labeled 'Логин' and the second is labeled 'Пароль'. At the bottom is a grey button labeled 'Зарегистрироваться'.

Рисунок 27 - Форма регистрации

3) Возможность отображения логина вошедшего пользователя в верхнем правом углу сайта (рисунок 28).

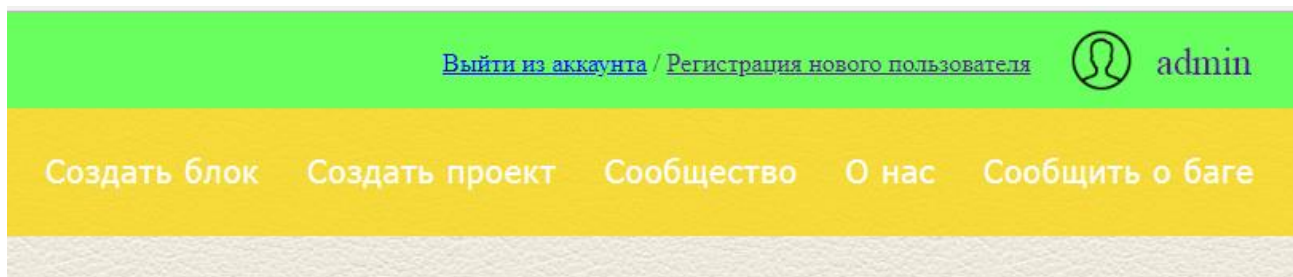


Рисунок 28 - Отображение логина пользователя в шапке сайта

4) Использование логотипа сервиса в качестве элемента навигации для перехода на стартовую страницу (рисунок 29).



Рисунок 29 - Элемент навигации на основе логотипа

5) Пункт меню «сообщество» (рисунок 30), с помощью которого можно добавить к себе в аккаунт блоки, созданные другими пользователями.

Все блоки отображаются в виде строк таблицы, в которой наглядно отображены их основные свойства. Рядом с каждой строкой присутствует ссылка, изменяющая свой вид в зависимости от наличия блока у пользователя. Если блок уже присутствует в аккаунте, появляется ссылка «Данный блок присутствует у Вас, удалить?», в противном случае: «Добавить блок». Добавленные блоки из данного пункта меню будут отображены в поле доступных блоков при создании проекта.

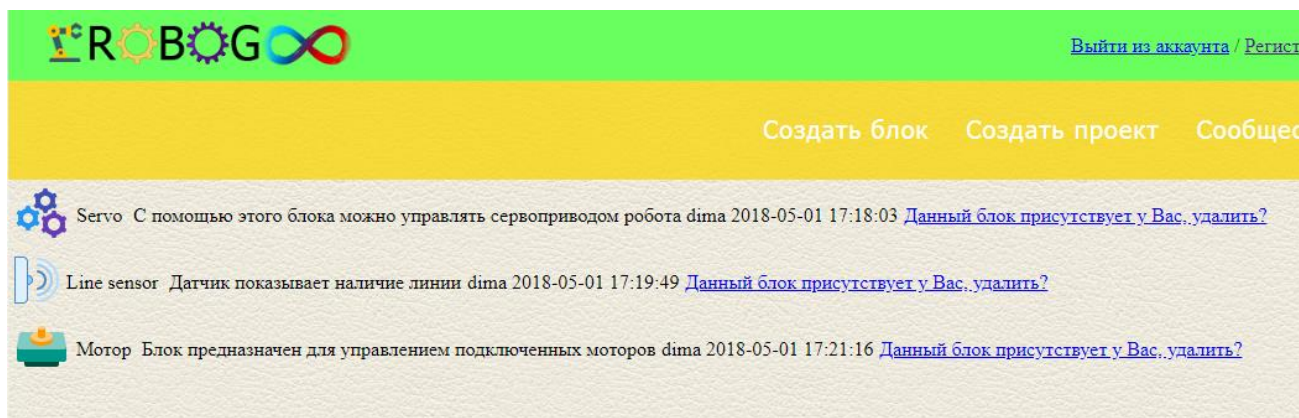


Рисунок 30 - Таблица блоков в пункте меню «сообщество»

Создать блок можно с помощью пункта меню: «создать блок» (рисунок 31). При переходе на данную страницу пользователю будет предложено:

- ввести название блока;
- определить принадлежность блока к функциональной группе;
- определить количество входных и выходных сокетов (сокет — это соединитель, через который блоки можно соединить между собой);
- дать краткое пояснение принципа работы;
- загрузить изображение для блока;
- описать с помощью специального кода непосредственную функциональность.

Сгенерированный пользователем блок сохраняется в общей базе данных всех блоков с фиксацией времени создания. На основании этой базы формируется таблица пункта меню «сообщество». Существует возможность задать от нуля до трёх как входящих (располагаются слева от блока), так и исходящих сокетов (соответственно, справа). Для автоматического равномерного распределения сокетов по сторонам блока разработан специальный алгоритм.

Рисунок 31 - Страница создания блока

Рисунок 31 - Страница создания блока

б) Пункт меню «создать проект».

С помощью данного пункта создаются программы на графическом языке программирования. Интерфейс рабочей области разделён на 3 зоны (рисунок 32):

- рабочая (в зону перетаскиваются блоки, и происходит непосредственное редактирование графической программы);
- панель блоков (содержит в себе все добавленные из меню «сообщество» блоки);
- панель управления с тремя кнопками: запустить удалённое исполнение программы роботом, приостановка исполнения и отмена текущего задания.

На рабочую область блоки перемещаются с соответствующей панели путём нажатия на них левой кнопкой мыши и перетаскивания в место назначения. Чтобы блок оставить в области, следует отжать нажатую кнопку. В случае если блок в момент отжатия находится за пределами рабочей области или же находится на ней не полностью, а лишь перекрывая собой часть, размещение произведено не будет.



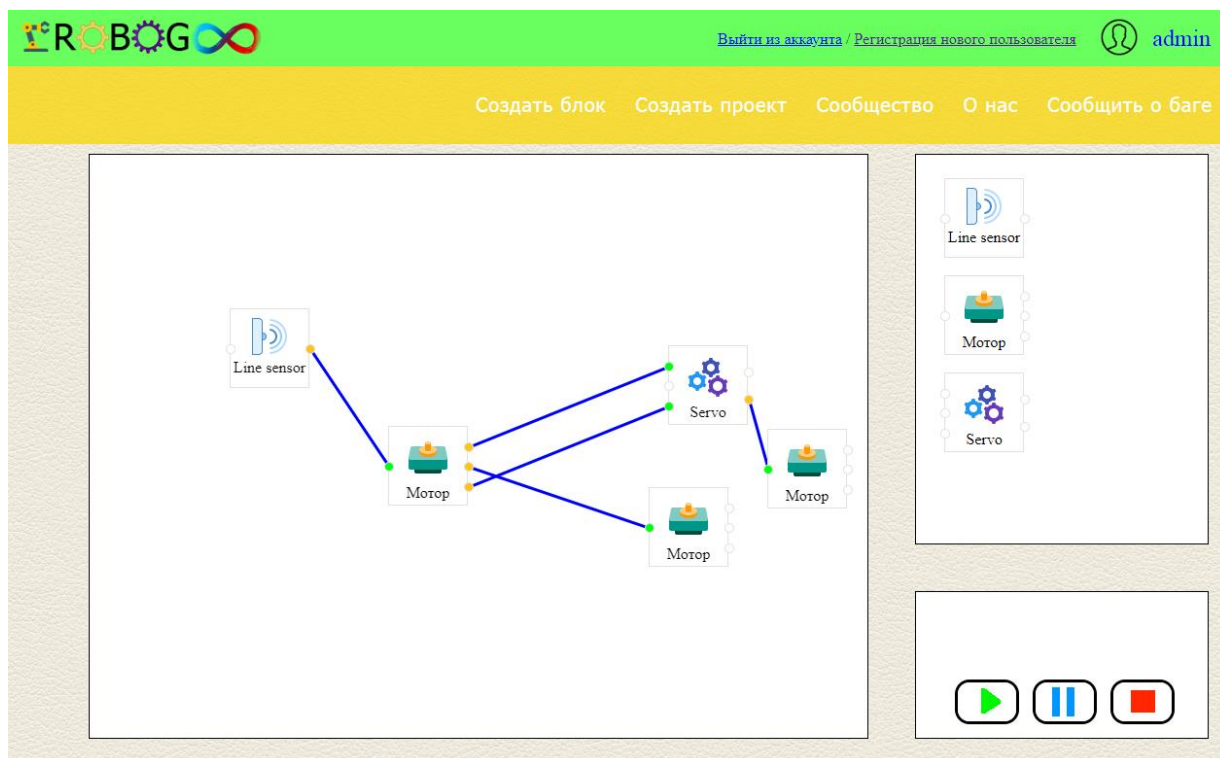


Рисунок 32 - Внешний вид рабочей области

Блоки можно соединить с помощью зажатия левой кнопкой мыши на любой доступный сокет и перемещения указателя мыши до сокета другого блока. В момент этого действия рисуется соединительная линия, берущая начало от точки старта и заканчивающаяся в месте текущего положения курсора. Чтобы установить связь, достаточно отпустить кнопку мыши. Наличие связи будет проиллюстрировано синей соединительной линией между сокетами, а также их окраской в соответствующие цвета. Оранжевый цвет символизирует выход блока, зелёный – вход. Если в момент отжатия кнопки мышь находится не над сокетом другого блока, связь отображена не будет. Любую связь можно выделить нажатием левой кнопкой мыши. В случае успешного выделения линия перекрашивается из синего в красный цвет. Удаление связей возможно осуществить путём выделения синей линии и нажатия на клавиатуре клавиши «delete».

Удаление созданных блоков осуществляется путём перемещения блока за рабочую область. При этом все созданные с ним связи автоматически

удаляются. Если переместить блок в границах рабочей области, с помощью специального алгоритма связи будут перестроены до его нового положения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ЕМ61	Мяхор Дмитрий Александрович

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.03.06 Мехатроника и робототехника

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 23100 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки руководителя 20%; Доплаты и надбавки инженера 20%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	-Анализ конкурентных технических решений -SWOT-анализ
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - затраты на специальное оборудование - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	- Определение эффективности исследования



<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 8. Потенциальные риски

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Мяхор Дмитрий Александрович		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной работе было необходимо провести обзор существующих программно-аппаратных образовательных робототехнических комплексов, изучить и доказать возможность интеграции концепции интернета вещей (IoT) в робототехнику путём проведения разработки собственного программно-аппаратного образовательного комплекса с IoT.

Потенциальными потребителями разработанного программно-аппаратного комплекса являются частные школы робототехники, а также государственные образовательные учреждения.

Целью данного раздела является оценка коммерческой ценности, а также целесообразности проведения научного исследования с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Задачами этого раздела являются анализ конкурентных технических решений и SWOT–анализ, составление плана научного исследования, оценка трудоёмкости и разработка календарного плана, определение контрольных событий научного исследования, а также расчёт бюджета научного исследования.

#### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В качестве конкурентов будут рассмотрены программно-аппаратные образовательные комплексы Lego Mindstorms Education EV3 и Makeblock.

Первый конкурент является широко распространённым продуктом с отлично проработанными техническими деталями, однако его стоимость крайне велика. Второй конкурент обладает огромным сообществом разработчиков, большим количеством доступной документации, но официально не представлен в России. В таблице 2 описана оценочная карта сравнения конкурентоспособности разработки, а также конкурентов ( $B_p$  – разрабатываемый комплекс,  $B_{\text{л}}$  – комплекс от Lego,  $B_{\text{м}}$  – комплекс от Makeblock).

Таблица 2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_p$	$B_{\text{л}}$	$B_{\text{м}}$	$K_p$	$K_{\text{л}}$	$K_{\text{м}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство эксплуатации	0,08	5	5	4	0,4	0,4	0,32
2. Простота изучения	0,13	5	4	3	0,65	0,52	0,39
3. Прочность конструкции	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
4. Скорость загрузки программы	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
5. Сообщество разработчиков	0,06	2	4	5	0,12	0,24	0,3
6. Скорость работы ПО	0,09	5	4	4	0,54	0,36	0,36
7. Качество интеллектуального интерфейса	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Доступность на рынке РФ	0,1	3	5	3	0,3	0,5	0,3
3. Известность продукта	0,1	2	5	4	0,2	0,5	0,4
4. Цена	0,1	5	1	2	0,5	0,1	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,31</b>	<b>4,01</b>	<b>3,69</b>

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, 2 – наименее слабая позиция, 3 – средняя позиция, 4 – наименее сильная, а 5 –

наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Как видно из таблицы, моя разработка вполне конкурентоспособна по сравнению с аналогами за счёт доступной цены, скорости загрузки программы управления роботом, качества интеллектуального интерфейса и простоты изучения.

### 4.1.3 SWOT-анализ

**SWOT** – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 3 — SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Простота изучения программирования роботов. С2. Актуальность работы. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Использование экологически чистых материалов. С5. Скорость работы ПО. С6. Наличие действующего прототипа.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие опыта производства в промышленных масштабах Сл2. Отсутствие сообщества разработчиков Сл3. Отсутствие продвижения на рынке. Сл4. Финансирование Сл5. Нет послепродажного обслуживания.
<b>Возможности:</b> В1. Широкие коммуникационные возможности собранного робота. В2. Возможность децентрализации вычислений В3. Потенциал развития вокруг проекта сообщества В4. Открытое и свободное ПО.	Использование разрабатываемого образовательного проекта даст возможность изучать робототехнику с максимальным комфортом и минимальным количеством финансовых трат.	Так как главная сфера использования - это образование, очень ослабляет проект отсутствие качественной послепродажной поддержки, что, несомненно, приведёт к замедлению скорости распространения.
<b>Угрозы:</b> У1. Высокая конкуренция У2. Возможность быстрого насыщения рынка У3. Сложность работы с потенциальными потребителями (гос. сектор) У4. Сложность поддержки аппаратного обеспечения У5. Материальное обеспечение проекта (низкое).	Разрабатываемый проект будет гораздо дешевле и доступнее на рынке, что увеличивает его конкурентоспособность.	Учитывая низкое материальное обеспечение проекта, это сильно замедлит его продвижение на рынок.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Научное исследование будет состоять из четырех основных этапов, таких как: разработка технического задания и календарного плана, теоретическая подготовка, экспериментальные исследования и обобщение и оценка результатов по данной теме. Каждый этап содержит перечень важных работ, которые необходимо выполнить. В зависимости от вида работ будет свой исполнитель.

Таблица 4 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Научный руководитель
	2	Составление предварительного плана ВКР	Научный руководитель
Теоретическая подготовка	3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Студент
	4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Студент
	5	Написание теоретической части ВКР	Студент
	6	Проверка теоретической части научным руководителем	Руководитель
	7	Подбор оборудования и программного обеспечения для написания программы и разработки аппаратного обеспечения	Студент
	8	Написание программы, сборка конструкции робота	Студент
Экспериментальные исследования	9	Получение результатов исследования и анализ полученных данных	Студент
	10	Анализ полученных данных	Научный руководитель, Студент
Обобщение и оценка результатов	11	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Студент
	12	Оформление итогового варианта ВКР	Научный руководитель, Студент

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используем формулу:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3*t_{\text{min}}+2*t_{\text{max}}}{5}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{ож}}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.- дн.;

$t_{\text{min}}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

После того, как рассчитали  $t_{\text{ож}i}$ , рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{\text{Ч}_i}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{pi}}$  – продолжительность одной работы, раб. Дн.;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$\text{Ч}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для разработки графика проведения научного исследования будет использована диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 + 101 + 17} = 1,5$$

Рассчитанные данные по пунктам 2.2 и 2.3. приведены в таблице 5 - временные показатели проведения научного исследования.



Таблица 5 - Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож\bar{i}}$ , чел-дни					
	Руково- дитель	Сту- дент	Руководи- тель	Сту- дент	Руково- дитель	Сту- дент	Руково- дитель	Сту- дент	Руково- дитель	Сту- дент
Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	3	-	5	-	3,8	-	4	-	6	-
Составление предварительного плана ВКР	1	-	6		3	-	3	-	5	-
Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	-	14	-	20	-	16,4	-	16	-	24
Изучение и выбор метода исследований в ВКР	-	10	-	21		14,4	-	14	-	21
Написание теоретической части ВКР	-	20	-	30		24	-	24	-	36
Проверка теоретической части научным руководителем	3	-	6	-	4,2		4	-	6	-
Подбор оборудования и программного обеспечения для написания программы и разработки аппаратного обеспечения	-	3	-	10	-	5,8	-	6	-	9
Написание программы, сборка конструкции робота	-	10	-	14		11,6	-	12	-	18
Получение результатов исследования и анализ полученных данных		4		9	-	6	-	6	-	9
Анализ полученных данных		4		8	-	5,6	-	6		9
Согласование и проверка работы с научным руководителем	2	2	5	5	3,2	3,2	2	2	3	3
Оформление итогового варианта ВКР		4		7	-	5,2		5		8

Таблица 6 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб от	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь			февраль			Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Выбор темы, постановка цели и задач ВКР	Руководитель.	6	■														
2	Составление предварительного плана ВКР	Руководитель	5	■														
3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме ВКР	Студент	24		■	■												
4	Изучение и выбор метода исследований в ВКР	Студент	21			■	■	■	■									
5	Написание теоретической части ВКР	Студент	36				■	■	■	■	■	■						
6	Проверка теоретической части научным руководителем	Руководитель	6							■								
7	Подбор оборудования и программного обеспечения для написания программы и разработки аппаратного обеспечения	Студент	9							■	■							
8	Написание программы, сборка конструкции робота	Студент	18									■	■	■	■			
9	Получение результатов исследования и анализ полученных данных	Студент	9										■	■	■			
10	Анализ полученных данных	Студент	9												■	■	■	
11	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Руководитель, Студент	3													■		
12	Оформление итогового варианта ВКР	Студент	8														■	■

Студент - ■■■■■■ Научный руководитель - ■■■■■■

#### 4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В состав затрат, необходимых для реализации проекта включено:

- Материальные затраты;
- Затраты на специальное оборудование для научных работ;
- Основная заработная плата исполнителей темы;
- Дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- Затраты на специальное оборудование для научных исследований;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Накладные расходы.

##### 4.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Таблица 7 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Микрокомпьютер Raspberry Pi 3 model B + корпус + радиаторы	шт.	1	2753,47	2753,47
Плата NodeMCU	шт.	1	233,56	233,56
Флеш-карта Sandisk 16 Гб.	шт.	1	570	570
Сервопривод mg90s	шт.	3	185,6	556,8
Аккумулятор nVision 2500 мАч	шт.	1	2690	2690
Метиз	шт.	56	0,3	16,8
Мотор-редуктор + колесо	шт.	6	114,82	688,92
Драйвер двигателя	шт.	1	90,81	90,81
Понижающий преобразователь lm2596	шт.	1	38,08	38,08
Понижающий преобразователь Hobbywing UBEC	шт.	1	159,74	159,74
USB-кабель	шт.	2	125,26	
Бортовой сигнализатор низкого напряжения	шт.	1	430	430
Провод	м.	2	59	118
Шлейф	м.	0.5	70	35
Ик-датчик	шт.	5	19,46	97,3
РС - коннектор	шт.	10	9,3	93
Рычажковый переключатель	шт.	1	20	20
Фанера березовая	2,97*м <sup>2</sup>	0,2	450	90
Ручка шариковая	шт.	24	5,7	136,8
Гребёнка	комплект	1	10	10
Макетная плата беспаячная	шт.	1	63,35	63,35
Макетная плата обычная	шт.	0,05	326,48	16,324
Соединительные провода папа-папа	комплект	1	152,6	152,6
<b>Итого:</b>	<b>ед.</b>	<b>120,75</b>		<b>9060,554</b>

Итого по статье «материальные затраты» - 9060,554 руб.

#### 4.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья включает оплату труда научному руководителю и инженеру, также ежемесячно выплачивается премия в размере 12-20% от оклада.

Оклад по данным ТПУ для старшего преподавателя со степенью кандидат наук составляет 23100 рублей без районного коэффициента. Для ассистента/преподавателя без степени оклад составляет 17000 рублей без районного коэффициента. (РК=1.3)

Таким образом заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Расчёт основной заработной платы приведён в Таблице 9

Таблица 9 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_t$	$Z_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	КН	-	23100	0,3	0,2	1,3	45045	1897	30	56910
Студент	-	-	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1486	93	138201
Итого $Z_{\text{осн}}$										195111

Итого по статье «Основная заработная плата» - 195111 руб.

#### 4.2.4.3 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

К специальному оборудованию можно отнести ПК. Для расчета затрат связанных с персональным компьютером стоит учитывать амортизацию в период за 12 месяцев.

Таблица 10 - Расчёт бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	ПК	1	973	2919
Итого:				2919

Итого по статье «затраты на специальное оборудование» - 2919 руб.

#### 4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнительной системы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет производится по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (9)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).  $k_{\text{доп}} = 0,12$ .

$$З_{\text{допНР}} = 6829 \text{руб.}, \quad З_{\text{допИ}} = 16584 \text{руб.}$$

Итого по статье «дополнительная заработная плата» - 23413 руб.

#### 4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Таблица 11 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	56910	6829
Студент	138201	16584
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30% = 0,3	
<b>Итого:</b>	<b>63739,3</b>	<b>46435,5</b>

Итого по статье «Отчисления во внебюджетные фонды» - 110174,8 руб.

#### 4.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов берем в размере 16%.

$$З_{\text{накл}} = 16226 \text{ руб.}$$

#### 4.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 12 – Бюджет затрат НИП

Наименование статьи	Общая сумма затрат, руб.	Доля затрат, %
Материальные затраты НТИ	9060,554	2,29
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	2919	0,74
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	195111	49,36
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23413	5,9
Отчисления во внебюджетные фонды	110174,8	27,9
Накладные расходы	54605,568	13,81
<b>Итого:</b>	<b>395 283,922</b>	<b>100%</b>

#### 4.3 Определение эффективности исследования

Эффективность данного проекта заключается в использовании более широкодоступных материалов для корпуса и электронных компонентов, что делает продукт более ремонтпригодным и доступным для потенциальных потребителей.

Все поставленные задачи достигнуты. В данном разделе показано, что разработанное программно-аппаратное техническое решение обладает конкурентоспособностью.

Также по результатам SWOT-анализа были выявлены слабые и сильные стороны проекта, его возможности и угрозы. Все рассмотренные факторы коррелируют таким образом, что сильные стороны и возможности проекта преобладают. Был составлен план научного исследования, произведена оценка трудоёмкости, разработан календарный план, и составлен расчёт бюджета научного исследования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ61	Мяхор Дмитрию Александровичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – программно-аппаратный образовательный робототехнический комплекс. Область применения – образование.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Анализ выявленных вредных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отклонение параметров микроклимата в помещении;</li> <li>• Повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>• Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>• Повышенный уровень электромагнитных излучений;</li> </ul> Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электробезопасность;</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Утилизация биологических отходов Утилизация отходов электронной промышленности
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможными чрезвычайными ситуациями являются пожары и мороз
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Бородин Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Мяхор Дмитрий Александрович		



## **5 Социальная ответственность**

Социальная ответственность - это важный раздел для выпускной работы, так как он затрагивает вопросы ответственности организации перед интересами коллектива и общества, и о важности безопасности их труда. А так же защиты окружающей среды от вредных воздействий исследований (таких как излучения, отходы и прочее).

В данной диссертационной работе изучается возможность создания программно-аппаратного образовательного робототехнического комплекса, используя концепцию интернета вещей. В практическую часть входит:

- проектирование аппаратной составляющей проекта: корпуса робота и электронной схемы управления, а также её производство;
- написание программы для микроконтроллера Tensilica Xtensa L106;
- разработка веб-сервиса.

Работа проводилась в лаборатории, где помимо места для проведения исследований так же имеется компьютерный стол и лампы для освещения рабочих зон. Тяжесть работы по энергозатратам относится к 1б категории - работа легкая физическая, производимая сидя или связанная с ходьбой, но не требующая систематического физического напряжения или поднятия и переноса тяжестей.

### **5.1 Производственная безопасность**

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при разработке информационной системы. Выбор факторов производится с

использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[11]. Все факторы приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ при разработке робототехнических устройств и проведения экспериментов

Источник фактора, наименование видов работ	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ)		Нормативные Документы	
	Вредные	Опасные	Вредные факторы	Опасные факторы
Работа за персональным компьютером	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Повышенный уровень статического электричества	СП 52.13330. 2011	ГОСТ 12.1.019 - 79 (с изм. №1) ССБТ
	Повышенный уровень электромагнитных излучений	Возникновение пожарной опасности	СанПиН 2.2.2./2.4. 1340–03	ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ
	Отклонение параметров микроклимата в помещении		ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ.	
	Повышенный уровень шума на рабочем месте		Р 2.2.2006-05	

Далее более подробно рассмотрим опасные и вредные факторы, воздействующие на инженера, возникающие в связи с работой над проектом.

### 5.1.1 Отклонение параметров микроклимата в помещении

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха [12]. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [13] показателями характеризующими микроклимат являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в Вт. Работа инженера – разработчика относится к категории Ib (работа с интенсивности от 140 до 174 Вт). Отопление

лаборатории и корпуса в целом водяное с применением радиаторов, что обеспечивает постоянное и равномерное нагревание воздуха в холодное время года. В рабочем помещении имеется естественная вентиляция, принудительная отсутствует.

### **5.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Люди, которым приходится работать в условиях длительного шума, обычно имеют головные боли, раздражительность, сталкиваются со снижением памяти, повышенной утомляемостью, также у многих понижен аппетит, есть боли в ушах и т. д. Перечисленные факты снижают производительность, работоспособность человека, а также качество труда [15].

Шумовой фон помещения создают десять одновременно работающих компьютеров. Также возникает шум, исходящий от принтера или телефонных аппаратов. Также источником шума является система вентиляции или шум, поступающий извне помещения.

Во избежание негативных последствий от производственного шума, его необходимо регулировать в соответствии с нормами, которые указаны в СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [29]. Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах, является 80 дБА [29].

Для уменьшения воздействий шума можно использовать следующие методы, согласно СНиП 23-03-2003 [17]:

- экранирование рабочих мест, то есть установка перегородок между рабочими местами;
- установка оборудования, производящего минимальный шум.

Для снижения уровня шума, производимого персональными компьютерами, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применять звукопоглощающие материалы.

### **5.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

На практике используются два вида освещения: естественное (солнце) и искусственное (газоразрядные лампы). Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения. Нормируемый показатель освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении составляет 500 лк. При недостаточном уровне освещённости, необходимо установить необходимое количество ламп искусственного освещения. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [17] коэффициент пульсации освещенности для лаборатории не должен превышать 10%. При работе с персональным компьютером коэффициент пульсации не должен превышать 5% [17] (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Виды освещения нормируются СП52.13330.2011 [19].

### **5.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе автоматизированные информационные системы на основе персональных компьютеров, являются дисплеи (мониторы), они представляют собой источники наиболее вредных излучений, неблагоприятно влияющих на здоровье человека.

Так как большинство работ проводится с использованием ПК, то в качестве вредного фактора, следует рассмотреть, электромагнитное излучение.

При работе, компьютер образует вокруг себя электромагнитное поле, а при нагревании платы и корпуса монитора, испускает в воздух вредные вещества.

В качестве защитных мер от электромагнитного излучения используются:

- ограничение по времени нахождения персонала на рабочем месте;
- регулярные перерывы между рабочим временем и прогулки на свежем воздухе;
- рациональное размещение оборудования.

В (табл. 18) представлены средства защиты от электромагнитных полей.

### **5.1.5 Электробезопасность**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока [21] (ГОСТ 12.1.009-76).

В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм.

Одним из наиболее опасных параметров являются переменный ток с частотой от 10 до 120 Гц. Наиболее безопасным напряжением для человека является до 12 В, условно безопасным до 36 В. Опасной величиной считается ток, более 1 мА, а смертельным более 100 мА. Опасность поражения человека электрическим током существует во всех случаях, когда используются электрические установки и оборудование. Для предотвращения электрического поражения необходимо по возможности исключить причины поражения, к которым относятся:

- случайные прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением;

- появление напряжения на механических частях электрооборудования (корпусах, кожухах и т.д.) в результате повреждения изоляции или других причин;
- появление напряжения на отключённых токоведущих частях, на которых работают люди в результате ошибочного включения;
- возникновения напряжения на поверхности земли или на опорной поверхности.

Согласно ПУЭ (7-е изд.) [22] данная лаборатория относится к категории помещения – без повышенной опасности. Так как в ней учтены все необходимые правила по электробезопасности, это сухое помещение без повышенного напыления, температура воздуха нормальная, пол покрыт изоляционным материалом. Влажность воздуха не превышает 75%, отсутствует токопроводящая пыль, температура не превышает 35°C.

Все сотрудники проходят первичный инструктаж по электробезопасности.

## **5.2 Экологическая безопасность**

Работа в кабинете основана на работе за компьютером. Воздействия на окружающую среду будут заключаться в негативном влиянии на атмосферу, поступлении в воздух вредных веществ, при нагревании платы и корпуса компьютера, а также в скоплении пыли на рабочем месте, в результате чего, происходит накопление аэрозолей в помещении.

Негативное воздействие на литосферу характеризуется утилизацией твердых бытовых отходов (бумага, использованные части компьютера, например, батарея питания).

Решения по обеспечению экологической безопасности:

1. для литосферы – вывоз и утилизация частей компьютера на специальных полигонах токсичных отходов, ГОСТ 17.4.3.04-85 [23].

2. для атмосферы – проведение ежедневной влажной уборки на рабочем месте и проветривание помещения. Замена устаревших деталей компьютера на современные устройства, соответствующие передовым технологиям.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, стихийного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, согласно ГОСТ Р 22.0.07-95.

В лаборатории возможна чрезвычайная ситуация – пожар.

Пожар – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ.

При работе в кабинете, причиной пожара могут послужить:

1. неисправность оборудования и электропроводки;
2. перегрузка сети, ведущая к нагреву токоведущих частей и загоранию изоляции;
3. короткое замыкание;
4. несоблюдение норм и правил пожарной безопасности.

#### **5.3.1 Пожарная безопасность**

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу В-4 [22], так как в нем отсутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня).

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

#### **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Работа в лаборатории обычно отличается малой двигательной активностью, монотонностью, длительным нахождением в закрытом помещении. Всё это вызывает быструю утомляемость и естественно отражается на результатах труда.

В лаборатории площадью 40м<sup>2</sup> может работать одновременно не более 8 человек в соответствии СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, следовательно, учтены нормы площади служебного помещения для обеспечения благоприятных условий микроклимата, помещение оборудовано вытяжкой. Глубина стола составляет 1000мм, ширина 1,5м. Расстояние между работающими составляет не менее 1,5м. Ширина прохода составляет около 2м. Плоскости экранов компьютеров расположены перпендикулярно окнам, габариты мебели соответствуют размерам помещения, загромождения нет.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

Трудовая деятельность в лаборатории относится к категории В – творческая работа в режиме диалога с ПК, третья категория тяжести согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [15].



Количество и длительность регламентированных перерывов, их распределение в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от категории работ на ПК и продолжительности рабочей смены. Так как рабочая смена составляет около 8 часов, то перерывы происходят через 1,5- 2,0 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2,0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [15].

## **Заключение**

В результате работы над проектом были проанализированы существующие решения программно-аппаратных образовательных комплексов. Изучена возможность интеграции концепции интернета вещей в робототехнику.

С целью доказательства возможности интеграции IoT в робототехнику разработана, изготовлена и собрана образовательная робототехническая платформа собственной конструкции. Для её реализации:

- 1) изучены веб-технологии, позволяющие создать веб-сервис;
- 2) подобрана элементная база для построения робота;
- 3) разработаны алгоритмы управления;
- 4) изучены технологии для организации передачи данных между аппаратной составляющей платформы и веб-сервисом;
- 5) проведены необходимые тестовые испытания.

Проект открыт для совершенствования и развития. Предполагается, что разработанный образовательный комплекс будет интересен пользователям не только на уровне самостоятельной сборки и изучения созданного образца, но и на уровне применения в качестве стартовой площадки для реализации своих идей через внедрение дополнительных функций. В частности, опытные пользователи смогут разрабатывать элементы, процедуры и движения робота, отвечающие требованиям оптимизации, например, за счет расчета переходных процессов приводов, отвечающих условию быстродействия, энергосбережения и точности.

## Список использованных источников

- 1) Школа робототехники «LIGA роботов» [Электронный ресурс] / Описание Lego Mindstorms Education EV3. URL: <http://www.http://shop.ligarobotov.ru/education-descr>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 01.03.2018 г.
- 2) Журнал Lifehacker [Электронный ресурс] / Новинка Xiaomi: робот Mi Bunny Block Robot, который можно запрограммировать. URL: <https://lifehacker.ru/mi-bunny-block-robot/>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 2.03.2018 г.
- 3) Журнал Fanclastic [Электронный ресурс] / Китайские конструкторы Makeblock (Мейкблок). URL: <https://fanclastic.ru/konstruktory-roboty/368-makeblock.html/>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 02.03.2018 г.
- 4) Блог ПрогХаус [Электронный ресурс] / Конструкторы программируемых роботов. URL: <http://www.proghouse.ru/article-box/26-robots/>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 03.03.2018 г.
- 5) Электронная энциклопедия Wikipedia [Электронный ресурс] / Интернет вещей. URL: [http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Интернет\\_вещей/](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей/), свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 01.05.2018.
- 6) Интернет-магазин Aliexpress [Электронный ресурс] / Характеристики мотор-редуктора. URL: [https://ru.aliexpress.com/item/6V-DC-160mA-100RPM-Dual-Shaft-Car-Toy-Reduced-Gear-Motor-Yellow/32694133950.html?spm=a2g0v.search0104.3.1.4da87f84z8ebuk&ws\\_aa\\_test=searchweb0\\_0,searchweb201602\\_3\\_10152\\_10151\\_10065\\_10068\\_10341\\_10342\\_10343\\_10340\\_10341\\_10543\\_10696\\_10084\\_10083\\_10618\\_10307\\_10103\\_10059\\_308\\_100031\\_10103\\_10624\\_10623\\_10622\\_10621\\_10620\\_10125,sesearchw201603\\_32,ppcSwitch\\_5&algo\\_expid=bbe867c6-77a4-4fe1-b391-19f5c847aae9-0&algo\\_pvid=bbe867c6-77a4-4fe1-b391-](https://ru.aliexpress.com/item/6V-DC-160mA-100RPM-Dual-Shaft-Car-Toy-Reduced-Gear-Motor-Yellow/32694133950.html?spm=a2g0v.search0104.3.1.4da87f84z8ebuk&ws_aa_test=searchweb0_0,searchweb201602_3_10152_10151_10065_10068_10341_10342_10343_10340_10341_10543_10696_10084_10083_10618_10307_10103_10059_308_100031_10103_10624_10623_10622_10621_10620_10125,sesearchw201603_32,ppcSwitch_5&algo_expid=bbe867c6-77a4-4fe1-b391-19f5c847aae9-0&algo_pvid=bbe867c6-77a4-4fe1-b391-)

19f5c847aae9&transAbTest=ae803\_2&priceBeautifyAB=0/, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 01.03.2018.

7) Интернет-магазин Aliexpress [Электронный ресурс] / Характеристики сервопривода mg90s. URL: [https://ru.aliexpress.com/item/High-Quality-Metal-gear-Digital-Servos-MG90S-9g-Servo-Upgraded-SG90-For-Rc-Robot-Helicopter-Airplane/32361955738.html?spm=a2g0v.search0104.3.37.48ae722bcx3Ynj&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0,searchweb201602\\_3\\_10152\\_10151\\_10065\\_10068\\_10344\\_10342\\_10343\\_10340\\_10341\\_10543\\_10696\\_10084\\_10083\\_10618\\_10307\\_10301\\_10059\\_308\\_100031\\_10103\\_10624\\_10623\\_10622\\_10621\\_10620\\_10125,searchweb201603\\_2,ppcSwitch\\_5&algo\\_expid=b27073c3-88be-4887-92e2-da5ec1f0d92a-5&algo\\_pvid=b27073c3-88be-4887-92e2-da5ec1f0d92a&transAbTest=ae803\\_2&priceBeautifyAB=0/](https://ru.aliexpress.com/item/High-Quality-Metal-gear-Digital-Servos-MG90S-9g-Servo-Upgraded-SG90-For-Rc-Robot-Helicopter-Airplane/32361955738.html?spm=a2g0v.search0104.3.37.48ae722bcx3Ynj&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_3_10152_10151_10065_10068_10344_10342_10343_10340_10341_10543_10696_10084_10083_10618_10307_10301_10059_308_100031_10103_10624_10623_10622_10621_10620_10125,searchweb201603_2,ppcSwitch_5&algo_expid=b27073c3-88be-4887-92e2-da5ec1f0d92a-5&algo_pvid=b27073c3-88be-4887-92e2-da5ec1f0d92a&transAbTest=ae803_2&priceBeautifyAB=0/), свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 01.03.2018.

8) Интернет-магазин «Амперка» [Электронный ресурс] / Raspberry Pi 3 Model B. URL: <http://amperka.ru/product/raspberry-pi-3-model-b/>, /, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 23.04.2018 г.

9) Образовательный портал EduRobots [Электронный ресурс] / NodeMCU (ESP8266) для начинающих: что такое, как подключить. URL: <http://edurobots.ru/2017/04/nodemcu-esp8266/>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 28.04.2018 г.

10) Интернет-магазин Aliexpress [Электронный ресурс] / Характеристики понижающего стабилизатора напряжения LM2596. URL: [https://ru.aliexpress.com/item/Free-Shipping-1PCS-New-Dual-H-Bridge-DC-Stepper-Motor-Drive-Controller-Board-Module-L298N-for/32502891596.html?ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0,searchweb201602\\_3\\_10152\\_10151\\_10065\\_10068\\_10344\\_10342\\_10343\\_10340\\_10341\\_10543\\_10696\\_10084\\_10083\\_10618\\_10307\\_10301\\_10059\\_308\\_100031\\_10103\\_10624\\_10623\\_10622\\_10621\\_10620\\_10125,searchweb201603\\_19,ppcSwitch\\_5&algo\\_expid=f3b562c8-6100-45a2-9409-f48070effb29-8&algo\\_pvid=f3b562c8-6100-](https://ru.aliexpress.com/item/Free-Shipping-1PCS-New-Dual-H-Bridge-DC-Stepper-Motor-Drive-Controller-Board-Module-L298N-for/32502891596.html?ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_3_10152_10151_10065_10068_10344_10342_10343_10340_10341_10543_10696_10084_10083_10618_10307_10301_10059_308_100031_10103_10624_10623_10622_10621_10620_10125,searchweb201603_19,ppcSwitch_5&algo_expid=f3b562c8-6100-45a2-9409-f48070effb29-8&algo_pvid=f3b562c8-6100-)

- 45a2-9409-f48070effb29&transAbTest=ae803\_2&priceBeautifyAB=0, свободный.  
– Загл. с экрана. - Яз. рус. Дата обращения: 03.04.2018 г.
- 11) ГОСТ 12.0.003–2015.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 12) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
- 13) СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 14) СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997.
- 15) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003.
- 16) ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 13 с.
- 17) СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.
- 18) СП52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. М.: 2011.
- 19) ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) М.: Стандартинформ, 2008.
- 20) Р 2.2.2006-05. Руководство гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
- 21) ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013.
- 22) ГОСТ 12.1.009-76 межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда.
- 23) Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – СПб.: ДЕАН, 2013. – 704с.

24) ГОСТ 17.4.3.04-85. Охраны природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

25) ТОО Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.

26) Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Об охране окружающей среды".

27) Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» .

28) Статья 219 ТК РФ. Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда.

29) СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах".

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Analysis of competitive software and hardware solutions

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Мяхор Дмитрий Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гончаров В.И.	Д.Т.Н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Горбатова Т.Н.			

## **Introduction**

The modern world is developing at a rapid pace. New technologies are being created. The processes that previously required a tremendous amount of time and human resources are now implemented much easier and faster. Industrial production volumes are growing and the quality of the products is being improved. Such a rapid jump in the technical and technological development of mankind would be impossible without the widespread introduction of new information systems and robotics.

However, further development of technologies requires a regular influx of new qualified specialists which in turn causes the need for quality training of future personnel.

Moreover the implementation of educational programs needs effective, flexible and functional tools.



## **1 Analysis of competitive software and hardware solutions**

There is a large number of different software and hardware robotic platforms, on the basis of which it is possible to implement educational programs. Let's consider the most popular of them.

### **1.1 LEGO MINDSTORMS Education EV3**

LEGO MINDSTORMS Education EV3 is the third generation of LEGO Mindstorms robotics designers. This set was developed at Massachusetts Institute of Technology in cooperation with LEGO. Lego provides an opportunity to design robots that have a lot of sensors and motors. These sensors can measure distances, illumination, temperature and they can conduct scientific experiments.

#### **1.1.1 Hardware**

The first LEGO Mindstorms PCX based on the H8 microcontroller was released in 1998. The next generation was LEGO MINDSTORMS Education NXT released in 2006. It significantly expanded the functionality of the first design kit and it used the new ARMv7 32bit ROBOLAB microcontroller developed as the basis for the LabView language by the National Instruments Company.

LEGO MINDSTORMS Education EV3 (figure 1) was improved with the new processor, the number of supported ports, new software, new USB port, SD card slot and auto-ID function.

The EV3 microcomputer and the MINDSTORMS Education EV3 software can automatically determine which device is connected to each port with the Auto-ID function. So it is possible to detect an error when the motors and sensors are connected.



Figure 1 - An example of a developed robot based on Lego Mindstorms EV3

It is possible to support the connection of 4 EV3 microcomputers via USB ports. That function allows you to program all microcomputers as one unit and extends the number of available ports. The feature will contribute to the creation of a really huge constructions. The platform's support for Bluetooth and Wi-Fi data transmission technologies extends communication capabilities, which make it possible to carry out wireless communication between microcomputers, as well as with smartphones based on Android and iOS operating systems [1].

### **1.1.2 Software**

A robot can be programmed both with the help of special software on the PC (LEGO Education software) and directly on the EV3 microcontroller. PC programming is more convenient and understandable way to program the robot, because it uses a visual graphical interface to facilitate the perception of programs. You can take measurements from the sensors by using the EV3 Software (figure 2) and directly from the EV3 microcontroller. Data can be presented in the form of graphs [1].

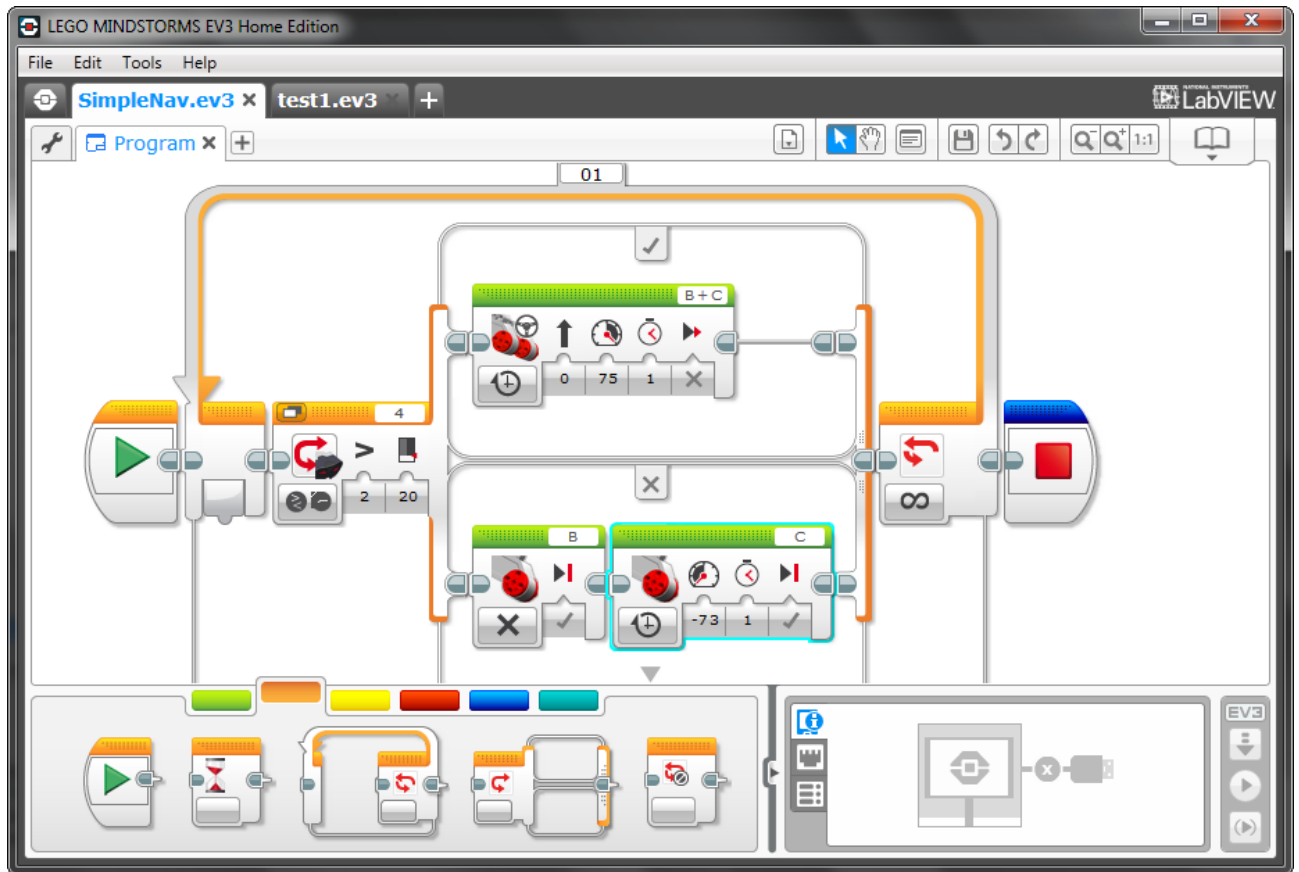


Figure 2 - An interface of the development environment of Lego EV3 Software

## 1.2 Mi Bunny Block Robot

Mi Bunny Block Robot is a joint development of Xiaomi and Mijia companies, consisting of 978 parts (figure 3). There is an opportunity to collect three different versions of the robot: a balancer, a dinosaur and a helicopter [2].

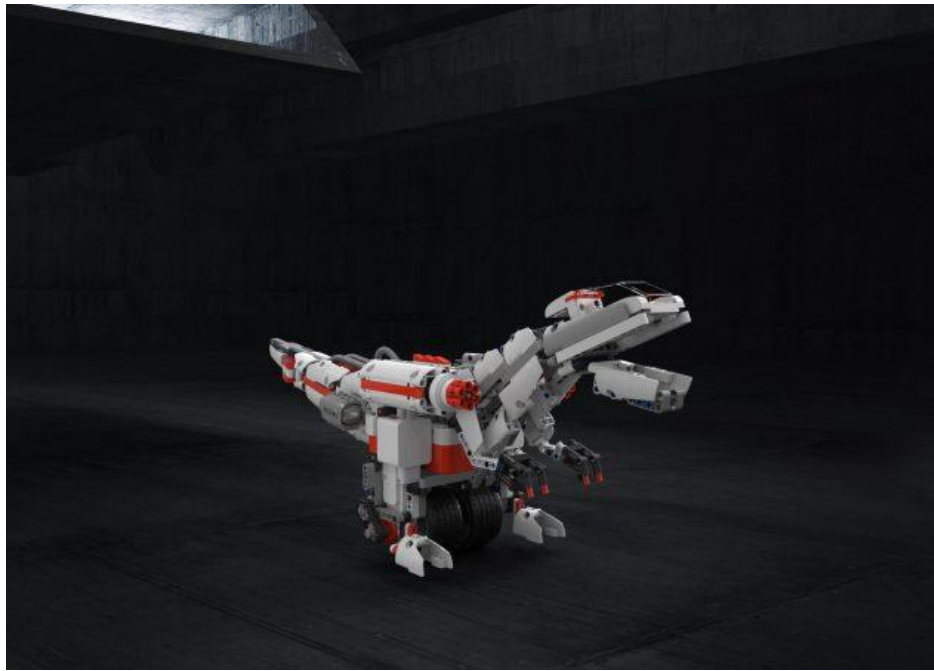


Figure 3 - One of the possible Mi Bunny Block Robot model

### **1.2.1 Hardware**

Mi Bunny Block Robot (figure 4) has a remote control and a balance control system. The robot, assembled from the design kit, is programmed using a block graphical programming language.

A programmable unit based on a 32-bit STM32 microcontroller with a Cortex M3 core operating at 72 MHz is used as a control device. The robot is driven by a pair of brushless motor wheels, rotating at a speed of up to 133 revolutions per minute and developing a torque of 25 N/cm. There are electronic sensors that determine the speed and direction of the movement, stable position and protection from overheating in addition to mechanical components. Environmental friendly materials are used for the manufacture of design kit's parts, including hypoallergenic polycarbonate [2].



Figure 4 - An appearance of the design kit

### 1.2.2 Software

The Mi Bunny Block Robot can be controlled with a smartphone (figure 5) by a joystick or gyro mode. The movement program of the toy can be at its discretion, for example, to teach it dance. There is software that defines action-based behavior of the module for this purpose. The application is not difficult even for a child [2].



Figure 5 - An example of building a robot control program using a smartphone with graphical language

## **1.3 Makeblock**

The idea of creating a robotic STEM design kit, which would be equally interesting for children and adults, teachers and designers, belongs to the young Chinese engineer Jasen Weng. Makeblock company was founded in 2011 and today it brings together 200 graduates of the Massachusetts Institute of technology and Tsinghua University. The company's mission is "to develop and share ideas about robotics". The basis of the design kits is about 500 electronic components and an excellent graphical shell for programming. The Makeblock products are known in 140 countries, and the process of development of an open platform and training is covered by 600 thousand people [3].

### **1.3.1 Hardware**

Makeblock kits allow you to assemble robots which are ready to compete. All models are equipped with wheels or crawler drives. Each design kit allows you to collect several models. The company has developed an original design of the handle-grip (figure 6), which is compatible with different models [4].

Arduino-compatible boards and peripherals are used as electronic components. All parts are made of durable stamped aluminum. There is an interesting design solution, which is a beam with a threaded perforation, where you can screw the screws at any distance from each other [3]. The modules of the design kit have unified connectors with color marks for easy and clear connection of electronic components. So you just need to make sure that the color of the labels matches for the correct connection [4].



Figure 6 - Using of the company-developed hand-grab in building a robot

### 1.3.2 Software

There is a free application for Android and iOS named Makeblock for the remote control of robots. Some design kits come with remote controls (with the IR-version of the Starter Robot Kit, for example). Makeblock robots are programmed using the native mBlock development program based on Scratch 2.0 editor. If you want to work in the Arduino IDE or ArduBlock, you need to install the Makeblock library.

Makeblock company has developed a program mDraw (figure 7), which allows you to import vector drawings of SVG format, convert BMP to SVG and scale the picture specifically for the mDrawBot design kit.

Different shades are supported when drawing is created with a laser unit [4].

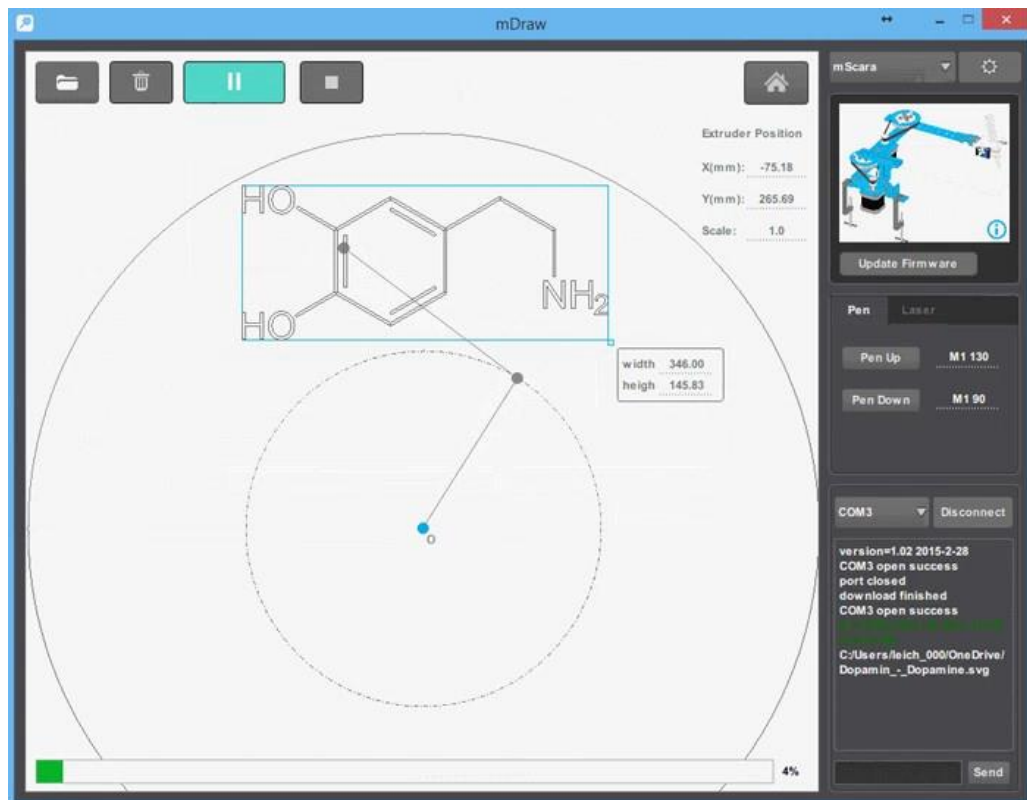


Figure 7 - mDraw program interface

#### 1.4 Analysis of decisions

Companies are engaged in the development of their own software products for robot control. In addition, the communication capabilities of such platforms are limited only by the interaction of robots with smartphones and PCs through the use of wired interfaces or Bluetooth. So it is possible to make these platforms more functional by unifying the management software, providing it as a web service for cross-platform implementation, developing a community of users and developers, creating a mechanism for decentralization of computing, as well as expanding networking opportunities. Implementation of the concept of the Internet of things in robotics will help us to implement the proposed modernization.

We will give a brief explanation of the concept of "Internet of things". The "Internet of things" (IoT) is the concept of a computer network of physical objects ("things") equipped with built-in technologies to interact with each other or with the external environment. This concept considers the organization of such networks as a



phenomenon that can rebuild economic and social processes, excluding in some actions and operations the need for human participation.

The concept was formulated in 1999 as a reflection on the prospects of widespread use of radio-frequency identification for the interaction of physical objects with each other and with the external environment. Filling the concept of "Internet of things" with diverse technological content and implementation of practical solutions for its execution is considered to be a stable trend in information technology since 2010 [5].

I developed a software and hardware educational robotics complex and integrated IoT into it to prove the applicability of this concept in the field of robotics.

### **References**

1) The school robotics «LIGA роботов» [Electronic resource] / Description of the Lego Mindstorms Education EV3. URL: <http://www.http://shop.ligarobotov.ru/education-descr>, freeware. – Title from the screen. - Rus. lang. Date of the access: 01.03.2018.

2) Lifehacker magazine [Electronic resource] / New from Xiaomi: robot Mi Bunny Block Robot, that can be programmed. URL: <https://lifehacker.ru/mi-bunny-block-robot/>, freeware. – Title from the screen. - Rus. lang. Date of the access: 2.03.2018.

3) Fanclastic magazine [Electronic resource] / Chinese design kit named Makeblock. URL: <https://fanclastic.ru/konstruktory-roboty/368-makeblock.html/>, freeware. – Title from the screen. - Rus. lang. Date of the access: 02.03.2018.

4) ProgHouse blog [Electronic resource] / Design kits of the programmable robots. URL: <http://www.proghouse.ru/article-box/26-robots/>, freeware. – Title from the screen. - Rus. lang. Date of the access: 03.03.2018.

5) Wikipedia [Electronic resource] / Internet of Things. URL: [http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Интернет\\_вещей/](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей/), freeware. – Title from the screen. - Rus. lang. Date of the access: 01.05.2018.